



**Dokumentation**  
der  
**15. Arbeitstagung**



der  
**Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe**

**GWG**

**Waldwirkungen**  
und  
**Hochwasser**



**August 2000, Gurnigel BE**



Dokumentation

der 15. Arbeitstagung der

Schweizerischen Gebirgs- und Waldpflegegruppe (GWG)

## Waldwirkungen und Hochwasser

Einfluss des Waldes und minimaler Pflegemassnahmen auf das Abflussverhalten der Gewässer im Flyschgebiet, dargestellt anhand ausgewählter Waldstandortstypen.

Datum der Tagung: 21.-23. August 2000

Kursort: Gurnigelbad BE

Leitung: Peter Lüscher WSL  
Brächt Wasser, IMPULS  
Kaspar Zürcher, IMPULS  
Peter Germann, GIUB, Uni Bern  
Felix Forster, WSL

Örtlicher Forstdienst: Conradin Mohr, Leiter Waldamt 5  
Philipp Mösch, Oberförster Waldamt 5

Gäste: Vorstandsmitglieder der FAN

Organisation: Philipp Mösch  
Raphael Schwitter, Fachstelle Gebirgs- und Waldpflege

Fotos: Brächt Wasser, Monika Frehner, Peter Lüscher und Jean-Jacques Thormann

Diskussionsprotokoll: Monika Frehner, Sargans

Dokumentation: Jean-Jacques Thormann,  
Bereich Schutzwald und Naturgefahren  
Eidg. Forstdirektion, BUWAL, Bern

Herausgeber: Schweizerische Gebirgs- und Waldpflegegruppe

# Inhaltsverzeichnis

---

## I. Grundlagen

- Anleitung zur Bewertung der Waldwirkung auf das Abflussverhalten der wichtigsten Standortstypen im voralpinen Fysch  
Kaspar Zürcher (IMPULS)
- Untersuchungen von Wurzelsystemen auf ausgewählten Waldstandortstypen im Gantrischgebiet  
Olivier Hitz, Peter Lüscher (WSL)
- Jahrringmessungen im Tagungsgebiet  
Andreas Rigling (WSL)
- Bemerkungen zu den Bodenverhältnissen in den Objekten des Gebirgswaldpfelgekurses (Gurnigel)  
Peter Lüscher (WSL)
- Infiltrationsverhalten von Waldböden  
Peter Germann (GIUB Uni Bern)
- Exkursionsunterlagen:
  - Gürbe – die teure "Waldgöttin"  
Exkursionsführer Waldamt 5, Philipp Mösch

## II. Tagungsobjekte und Diskussion

- Landeskarte 1:25'000, Teilnehmerliste, Programm
- Teufenbrunnen (Mulde und Kuppe)
- Pyffe (Hang, Mulde und Kuppe)
- Scheidwald (Mulde und Kuppe)
- Schlussdiskussion und Methodenkritik  
von Monika Frehner und Kaspar Zürcher

# Grundlagen

# Anleitung

## zur Bewertung der Waldwirkung auf das Abflussverhalten der wichtigsten Standortstypen im voralpinen Flysch

### Inhalt

1. Einleitung	1
2. Prozessbetrachtung	4
2.1 Interzeption	4
2.2 Infiltration	5
2.3 Durchlässigkeit	6
2.4 Speicherung	8
2.5 Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums	9
2.6 Zusammenfassung und Plausibilitätskontrolle	10
3. Ereignis-Szenario	12
4. Gesamtbeurteilung (Ermittlung der Senken)	14
5. Beispiele	16
6. Glossar	18
7. Literatur	21

### 1. Einleitung

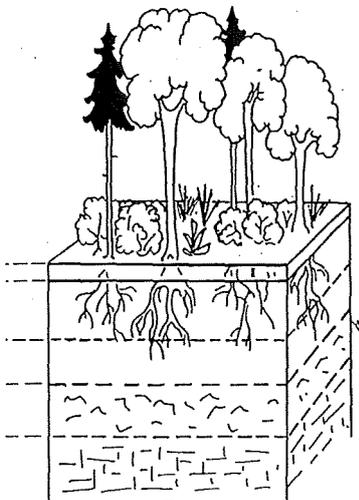
Im Folgenden werden die massgebenden Prozesse in Waldbestand und Boden bezüglich der Hochwasserschutzfunktion dargestellt. Es wird aufgezeigt, wie diese Prozesse miteinander zusammenhängen und unter welchen Umständen sie zu einer Verzögerung oder zu einer Beschleunigung des Abflussverhaltens auf einem bestimmten Standort führen können.

In den anschliessenden Kapiteln werden die Merkmale beschrieben, welche zur Beurteilung der Prozesse wichtig und die im Feld zu erkennen sind – und es wird aufgezeigt, wie sie bewertet werden können.

Die wichtigsten Begriffe werden in einem Glossar am Ende des Leitfadens erläutert.

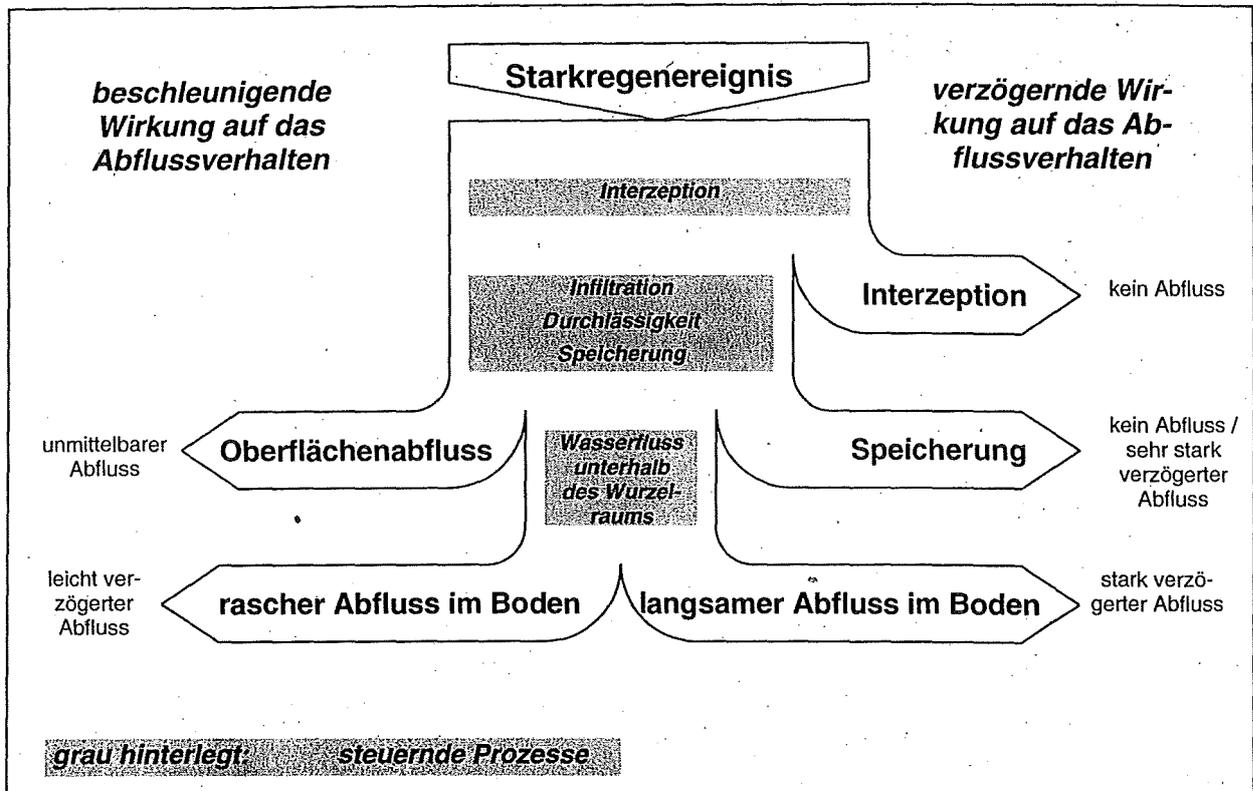
Es sind fünf Prozesse, welche an der Aufnahme, der Rückhaltung und der Verteilung des Niederschlagswassers an einem Standort hauptsächlich beteiligt sind. Diese wirken an verschiedenen Orten des Systems "Bestand-Boden", wobei sie sich teilweise gegenseitig überlagern:

#### Betrachtetes System "Bestand und Boden":



Prozesse	Wirkungsbereich
• Interzeption	oberirdische Vegetation
• Infiltration	Bodenoberfläche
• Durchlässigkeit	Wurzelraum
• Speicherung	Wurzelraum
• Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums	unterhalb Wurzelraum

Die fünf **Prozesse** steuern das Verhalten des Niederschlagswassers im System "Bestand-Boden". Sie entscheiden darüber, welche Fließwege das Niederschlagswasser einschlägt, d.h. wie sich das Wasser im betrachteten System verteilt. In der Darstellung sind diese Fließwege mit Pfeilen angedeutet. Diese Pfeile werden im Folgenden als **Senken** bezeichnet.



Die **Interzeption** findet unabhängig und vorgängig zu den anderen Prozessen statt. Der durch Interzeption aufgefangene Niederschlag verdunstet; gelangt also nicht auf die Bodenoberfläche.

Die Verteilung des Niederschlagswassers auf die übrigen Senken lässt sich vereinfacht folgendermassen darstellen (detaillierte Beschreibung in Kapitel 2):

Der **Oberflächenabfluss** kann im Wesentlichen aus zwei Gründen entstehen: Entweder durch unzureichende *Infiltrationskapazität* (z.B. bei verdichteter Bodenoberfläche) oder durch unzureichende *Durchlässigkeit* (z.B. bei geringem Porenanteil im Boden), die zu oberflächennaher Wassersättigung des Bodens führt.

Die **Speicherung** ist abhängig von der *Durchlässigkeit* einerseits und der zur Verfügung stehenden *Speicherkapazität* andererseits.

Ob im Boden **rascher** oder **langsamer Abfluss** stattfindet, ist eine Frage des *Wasserflusses unterhalb des Wurzelraums*.

Das Ziel der Prozessbetrachtung besteht nun darin, zu ermitteln, wie viel Niederschlagswasser im mm in welche Senke gelangt. Je grösser der Anteil der Senken mit verzögernder Wirkung auf das Abflussverhalten (rechte Seite) ist, desto positiver wirkt sich dies letztlich auf den Hochwasserabfluss aus.

Wenn sich mit dieser Methode zeigen lässt, dass durch die Pflege eines Waldbestandes die Gewichte innerhalb der Senken von der linken, abflussbeschleunigenden Seite zur rechten, verzögernden Seite verlagert werden können, so kann daraus geschlossen werden, dass ein verbesserter Waldzustand auf diesem Standort einen positiven Einfluss auf das Abflussgeschehen hat.

Im Folgenden werden die Boden- und Bestandesmerkmale, welche die steuernden Prozesse charakterisieren, genauer betrachtet und bewertet. Das Resultat ist für jedes Merkmal eine Einstufung in die Wertskala

**gut - mässig - schlecht**

Eine feinere Abstufung der Skala ist in vielen Fällen nicht sinnvoll. Die Bewertung orientiert sich dabei an der Schutzfunktion bezüglich der Hochwassergefahr. "Gut" ist die Merkmalsausprägung dann, wenn sie auf eine möglichst grosse Wasserrückhaltung hinweist.

**Beispiel zum Prozess Interzeption:**

Merkmal	gut	mässig	schlecht
Deckungsgrad Baumschicht	> 80 %	40 – 80 %	< 40 %

Gleichzeitig wird mit einer Punktzahl angegeben, wie gross die Bedeutung dieses Merkmals für den jeweiligen Prozess ist.

Merkmal	gut	Pt	mässig	Pt	g	Pt
Deckungsgrad Baumschicht	> 80 %	4	40 – 80 %	2	< 40 %	1

Für jeden Prozess werden die vergebenen Punkte der einzelnen Merkmale zusammengefasst und in eine fünfstufigen Wertskala eingeteilt:

**sehr gut - gut - mässig - schlecht - sehr schlecht**

**Beispiel zum Prozess Interzeption:**

>9 Pt. sehr gut	8-9 Pt. gut	6-7 Pt. mässig	4-5 Pt. schlecht	<4 Pt. sehr schlecht
-----------------	-------------	----------------	------------------	----------------------

Nachdem die Beurteilung aller fünf Prozesse anhand der Merkmalsausprägungen durchgeführt und bewertet worden ist, wird eine Gesamtbeurteilung möglich. Hier zeigt sich dann, welche Senken im konkreten Fall welche Bedeutung erhalten, d.h. ob bei Starkregen das Niederschlagswasser eher oberflächlich rasch abfließt oder in den Boden eindringen und dort gespeichert werden kann.

## 2. Prozessbetrachtung

### 2.1 Interzeption

#### Einleitung

Die Interzeption bei Starkregen beträgt nach Literaturangaben (Mitscherlich 1971, Moeschke 1998) im Idealfall rund 3-4 mm. Dies gilt für Nadel-Baumholzbestände mit gutem Deckungsgrad. Die Bestandesstruktur hat einen eher geringen Einfluss; entscheidend ist die Laub- / Nadelmasse (bzw. deren Oberfläche). Dadurch ergeben sich beim Laubholz grosse saisonal bedingte Unterschiede.

Der ganze Interzeptionsspeicher steht nur zur Verfügung, wenn die Baumkronen vor dem Ereignis abgetrocknet sind. Starker Windeinfluss reduziert zudem die Interzeptionswirkung.

#### Herleitung der Beurteilungskriterien

Die wichtigen Merkmale zur Beurteilung der Interzeption sind der Deckungsgrad der Baumschicht, der Deckungsgrad der Strauch-, Kraut- und Mooschicht, die Baumartenmischung und die Kronenlänge der Bäume.

Die vier wesentlichen Merkmale werden gemäss untenstehenden Kriterien beurteilt und bewertet. Die drei ersten Werte werden addiert und mit dem vierten (Mischung) multipliziert (\*).

INTERZEPTION						
Merkmals	gut	Pt	mässig	Pt	schlecht	Pt
• Deckungsgrad Baumschicht	> 80 %	4	40 – 80 %	2	< 40 %	1
• Deckungsgrad Krautschicht / Mooschicht	> 75 %	2	25 – 75 %	1	< 25 %	0
• Kronenlänge/-volumen	> ½ Baumlänge	1	¼ - ½ Baumlänge	0.5	< ¼ Baumlänge	0
• Mischung	> 70% Ndh	*2	30-70% Ndh	*1.5	< 30% Ndh	*1

#### Bewertung

Im besten Fall (Ndh, DG >80%, üppige Krautschicht, lange Kronen) können so 14 Punkte erreicht werden. Dieser Fall tritt jedoch kaum je ein, da ein hoher Deckungsgrad lange Kronen und üppige Krautschicht verhindert. Daher können bereits 10 Punkte als Optimum angesehen werden.

>9	sehr gut	8-9	gut	6-7	mässig	4-5	schlecht	<4	sehr schlecht
----	----------	-----	-----	-----	--------	-----	----------	----	---------------

#### Ergänzungen

Die Wirkung der Interzeption ist um so geringer, je länger ein Starkregenereignis andauert und je intensiver die Regenfälle sind.

Die oben angegebene, maximale Interzeptionskapazität von ca. 4 mm zeigt, dass der Einfluss der Interzeptionskapazität auf das Abflussverhalten beschränkt ist. Dabei darf deren wichtige Funktion bei der Reduktion der Aufprallenergie des Niederschlags und dadurch der positiven Wirkung bezüglich Erosion nicht vergessen werden.

## 2.2 Infiltration

### Einleitung

Der Infiltrationsvorgang an der Bodenoberfläche ist ein sehr wichtiger, oft sogar der entscheidende Bestandteil für das Hochwassergeschehen.

Die Frage, ob tatsächlich aller Niederschlag in den Boden einsickert oder ein Teil als Oberflächenwasser abfließt, ist im Wesentlichen von vier Grössen abhängig: der Niederschlagsmenge, der Niederschlagsintensität, den Infiltrationsbedingungen und den Durchlässigkeitsverhältnissen im Boden. Weil die Durchlässigkeit separat beurteilt wird, (siehe nächstes Kapitel 2.3), beurteilen wir hier nur das Infiltrationspotential, d.h. wir schätzen ab, wieviel Wasser – bei besten Durchlässigkeitsverhältnissen im Unterboden – in den Boden infiltrieren kann.

Zur Beurteilung der Infiltration wird der Bereich zwischen Obergrenze der Kraut- bzw. Moosschicht bis zur unteren Grenze der Mineralerde-Durchmischungshorizonte (A-Horizonte) betrachtet.

### Herleitung der Beurteilungskriterien

Das Infiltrationspotential lässt sich anhand folgender Merkmale beschreiben: Deckungsgrad der Vegetation, allfällige Hydrophobie (Wasserabstossung) der Bodenoberfläche, allfällige mechanische Verdichtung, Durchmischungstiefe des Bodens (Mineralerde mit organischen Rückständen vermischt) sowie allfällige Vernässungsmerkmale (Hydromorphie) im Oberboden.

INFILTRATION						
Merkmal	gut	Pt	mässig	Pt	schlecht	Pt
• Deckungsgrad Krautschicht / Moosschicht	> 75%	2	25 – 75%	1	< 25%	0
• Hydrophobie der Auflage	mächtige Auflage	2	lagiger Streuhorizont	1	ohne Streuauflage	0
• Humusform	Mull	1	Moder, Hydromull	0.5	Rohhumus, Anmoor, Torf, Hydromoder	0
• Durchmischungstiefe	> 8 cm	1	< 8 cm	0.5	keine Durchmisch.	0
• mechanische Verdichtung (Beobachtung in der Fläche)	auf < 10% der Fläche	4	auf 10 – 50% der Fläche	2	auf > 50% der Fläche	0
• Hydromorphie im Oberboden	keine	4	Rostflecken, fahl-rot	2	Nassbleichung	0

### Bewertung

Werte addieren. Im besten Fall werden so 14 Punkte erreicht, im schlechtesten Fall 0 Punkte. Die Punktzahl kann nach der folgenden Tabelle eingestuft werden:

>12	sehr gut	11-12	gut	8-10	mässig	5-7	schlecht	<5	sehr schlecht
-----	----------	-------	-----	------	--------	-----	----------	----	---------------

## 2.3 Durchlässigkeitsverhalten der Mineralerdehorizonte

### Einleitung

Es besteht eine ganze Fülle von Merkmalen, welche eine Beurteilung des Durchlässigkeitsverhaltens erlauben. Aufgrund von Literaturangaben kann für Starkregenereignisse eine Gewichtung innerhalb der Merkmalspalette gemacht werden.

Im Idealfall wird das Niederschlagswasser durch grobe Hohlräume in die feineren Makroporen und Wurzelkanäle geleitet (rasche Fliesswege). Eine entscheidende Bedeutung kommt daher der Intensität der **Durchwurzelung** und der **Makroporen** zu (Moeschke 1998, Ger-  
mann (n. veröff.), z.T. Naef et al. 1998). Erst wenn die Niederschläge über Wurzelkanäle und Makroporen möglichst rasch an den eigentlichen Wasserspeicher im Boden geführt werden können, kann das vorhandene, längerfristige Speicherpotential der Mittelporen (s. Glossar) auch wirklich genutzt werden. Ein ausgewogenes, intensives Vorhandensein aller drei Merkmalsgruppen (intensive Durchwurzelung, viele Makroporen und viel Porenraum in der Matrix) stellt daher den Idealzustand dar.

Das Durchlässigkeitsverhalten wird in folgende zwei Teilbereiche gegliedert. Diese werden vorerst für sich alleine bewertet:

#### 1) Durchwurzelung und Makroporen

Merkmale: Durchwurzelungsintensität und Wurzeldurchmesser sowie Makroporen, Risse / Hohlräume und Wurmgänge

#### 2) Matrix

Merkmale: Vernässungsmerkmale (Hydromorphie) als integraler Ausdruck für viele andere Matrixmerkmale (Durchlüftung, Dichte, Bodenart und Gefüge), Bodenentwicklung und Skelettgehalt

### Zu beurteilende Bodentiefe

Ein wasserundurchlässiger Horizont beeinflusst sämtliche Wasserhaushaltsvorgänge im Profil massgebend. Daher muss als Erstes folgende Frage beantwortet werden:

- **Ist ein stauender Horizont oder eine ständig wassergesättigte Zone vorhanden?**  
Als stauender Horizont wird ein Sd-Horizont, als dauernd wassergesättigt ein Gr-Horizont angesehen.
  - **Falls nicht vorhanden:** Beurteilung der Durchlässigkeit für das ganze Profil
  - **Falls vorhanden:** Beurteilung der Durchlässigkeit für die Horizonte über der limitierenden Zone

### Ergänzung:

Grobe Hohlraumstrukturen können - bei Vorhandensein von hochdurchlässigen Schichten im Lockergesteins- oder Felsuntergrund - auch dem unerwünschten raschen Abfluss unter dem Wurzelraum Vorschub leisten. Diese sind an einem Profil nur schwer zu beurteilen, sie sind aber für das Fliessverhalten im Boden sehr entscheidend (vgl. Kapitel 2.5).

Neben der Beurteilung von Merkmalen am Profil sollten daher für diesen Prozess auch sämtliche anderen verfügbaren Informationen zur Abschätzung verwendet werden, z.B. Informationen zur Geologie oder aus allfälligen Färbversuchen.

## Bewertung der Beurteilungskriterien

### FESTLEGEN DER ZU BEURTEILENDEN BODENTIEFE

→ Obergrenze limitierender Horizont oder unteres Profillende (meist im Muttergestein)

Teilschritt 1: DURCHWURZELUNG UND MAKROPOREN						
Merkmal	gut	Pt	mässig	Pt	schlecht	Pt
• Stufigkeit des Bestandes	stufig	4	zweischichtig	2	einschichtig	0
• Feinwurzeln	viele	3	mässig	2	wenige / keine	1/0
• Grobwurzeln	viele	3	mässig	2	wenige / keine	1/0
• Starkwurzeln	viele	3	mässig	2	wenige / keine	1/0
• Makroporen	viele	3	mässig	2	wenige / keine	1/0
• Risse / Hohlräume	grob (> 1 mm)	2	fein (< 1 mm)	1	keine	0
• Wurmgänge	viele	2	wenige	1	keine	0

Werte addieren. Im besten Fall werden so 20 Punkte erreicht, im schlechtesten Fall kein Punkt. Die Punktzahl kann nach der folgenden Tabelle eingestuft werden:

>14	sehr gut	12-14	gut	9-11	mässig	6-8	schlecht	<6	sehr schlecht
-----	----------	-------	-----	------	--------	-----	----------	----	---------------

Teilschritt 2: MATRIX						
Merkmal	gut	Pt	mässig	Pt	schlecht	Pt
• Hydromorphie	keine oder nur Mn-Konkretionen	6	Rostflecken, örtlich oder schwach fahl-rot	3	deutlich fahl-rot oder örtlich reduziert	0
• Bodenentwicklung	ausgeprägt, verbraunt	2	vorhanden	1	Rohboden (feinkörnig)	0
• Skelettgehalt	> 25% <sub>v</sub>	2	5 - 25% <sub>v</sub>	1	< 5% <sub>v</sub>	0

Werte addieren. Im besten Fall werden so 10 Punkte erreicht, im schlechtesten Fall 0 Punkte. Die Punktzahl kann nach der folgenden Tabelle eingestuft werden:

>8	sehr gut	7-8	gut	5-6	mässig	3-4	schlecht	<3	sehr schlecht
----	----------	-----	-----	-----	--------	-----	----------	----	---------------

### DURCHLÄSSIGKEIT (Zusammenfassung der Teilschritte 1 und 2)

→ **Bildung eines Mittelwerts für das Durchlässigkeitsverhalten** aus den zwei Teilschritten "Durchwurzelung und Makroporen" und "Matrix".

Dieser Mittelwert wird im Zweifelsfall in Richtung der Teilbeurteilung "Durchwurzelung und Makroporen" korrigiert. Denn die feineren Porenräume können bei einem kurzfristigen Regenereignis nur dann ausgenützt werden, wenn das Wasser durch die gröberen Makroporen rasch verteilt werden kann.

#### Beispiel:

Die Beurteilung von Durchwurzelung und Makroporen ergibt die Bewertung "schlecht"; diejenige der Matrix ergibt die Bewertung "sehr gut". Die Gesamtdurchlässigkeit ist in diesem Fall "mässig".

## 2.4 Speicherung

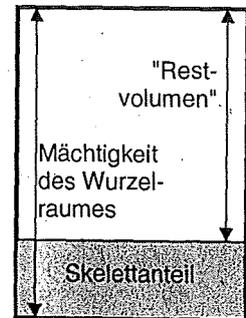
### Einleitung

Die Wasserspeicherkapazität eines Bodens kann abgeschätzt werden durch die Berechnung der **Speicherkapazität SK**. Sie gibt an, wie viel pflanzenverfügbares Wasser im Wurzelraum maximal gespeichert werden kann. Weil dieses Wasser in den Mittelporen gespeichert wird, wird das **Volumen der Mittelporen** abgeschätzt (vgl. Glossar: "Poren"). Die dafür entscheidenden Bodenmerkmale sind die Mächtigkeit des Wurzelraumes, der Skelettgehalt und die Art der Feinerde.

Das gängige Berechnungsverfahren wird im Folgenden so vereinfacht, dass eine Beurteilung (Schätzung) im Feld möglich ist. Es wird dabei (wie bei der Beurteilung des Durchlässigkeitsverhaltens) nur der Bodenbereich oberhalb eines allfälligen verdichteten (undurchlässigen) oder permanent vernässten Horizontes betrachtet; im Prinzip also der potentielle Wurzelraum.

### Herleitung der Beurteilungskriterien

- Die **Mächtigkeit des Wurzelraumes in dm** bildet die Ausgangsgrösse. Als Wurzelraum wird der Raum oberhalb eines Stauhizontes bzw. eines reduzierten Horizontes oder Felsuntergrundes (wenn vorhanden) angesehen. Fehlt bis 150 cm Tiefe ein solcher limitierender Horizont, so werden maximal 15 dm in die Berechnung einbezogen.
- Davon wird der geschätzte mittlere Skelettgehalt in Volumen-% abgezogen (s. Beispiele unten).
- Der erhaltene Wert bezeichnet die **Grösse des zur Verfügung stehenden "restlichen Bodenvolumens"**. Weil der Anteil von Mittelporen von der Art der Feinerde abhängig ist, muss dieser Wert je nach Art der Feinerde mit einer bestimmten Zahl multipliziert werden:



Feinerde	Typen (vgl. Glossar)	Multiplikator
Sand	Typ 1	8-10
Lehm, Ton	Typ 2,3,4,7,8,9,10	12-20
Schluff, Schlufflehm	Typ 5,6	20-25
organische Horizonte	>15% Humusgehalt (z.B. Anmoor, Torf)	35

Oft treten in den verschiedenen Horizonten unterschiedliche Feinerdetypen auf. Es ist dann jeweils ein Mittelwert zu wählen.  
Der Spielraum des Multiplikatorwerts wird mit den folgenden Kriterien ausgenützt:

erhöhend:	senkend:
- lockere Lagerung	- dichte Lagerung
- grosse Humusdurchmischung, hoher Humusgehalt	

### Bewertung

Das Resultat gibt direkt einen Richtwert für die Speicherkapazität (SK) in mm an.

### Beispiele:

Beispiel 1: gut durchlässige Braunerde, mittlerer Skelettgehalt 30%

Beispiel 2: Pseudogley, Sd-Horizont in 70 cm Tiefe, mittlerer Skelettgehalt 10%

	Beispiel 1		Beispiel 2	
Mächtigkeit des Wurzelraumes in dm	150 cm →	15 dm	70 cm →	7 dm
Abzug mittlerer Skelettgehalt	- 30% →	- 4.5 dm	- 10% →	- 0.7 dm
<b>Restvolumen</b>	<b>15 - 4.5 =</b>	<b>11.5 dm</b>	<b>7 - 0.7 =</b>	<b>6.3 dm</b>
Feinerde	Lehm (Typ 4), mitteldicht →	16	Schluff (Typ 5), dicht →	20
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>	<b>11.5 * 16 =</b>	<b>184 mm</b>	<b>6.3 * 20 =</b>	<b>126 mm</b>

## 2.5 Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums

### Einleitung

Dasjenige Wasser, welches in den Boden infiltriert, aber im Wurzelraum aufgrund ungenügender oder erschöpfter Speicherkapazität nicht zurückgehalten werden kann, fliesst anschliessend unterhalb des Wurzelraums ab. Es gibt dabei bezüglich der Hochwassergefahr vereinfacht drei Fälle zu unterscheiden:

Im schlechtesten Fall liegt ein wasserundurchlässiger Stauhorizont vor, welcher das Versickern des Wassers vollständig verunmöglicht. In diesem Fall fliesst alles Wasser, welches nicht gespeichert werden kann, entweder an der Bodenoberfläche oder in den oberflächennahen Horizonten oberhalb des Stauhorizontes ab.

In einem weiteren ungünstigen Fall findet das Wasser rasche Fliesswege vor, auf welchen es innert kurzer Zeit in ein Gerinne geführt wird und so zum Hochwasserabfluss beiträgt.

Im günstigsten Fall kann das Wasser langsam durch das vorhandene Muttergestein in die Tiefe versickern und schliesslich das Grundwasser erreichen, ohne auf diese Weise zum Hochwasserabfluss beizutragen.

Rascher Abfluss im Boden ist bei folgenden Voraussetzungen möglich:

- über einem Stauhorizont, wenn darüber ein hochdurchlässiger Horizont liegt.
- bei einer hochdurchlässigen Schicht im Lockergestein (z.B. Moräne) oder stark zerklüftetem Festgestein, welches durch präferentielle Fliesswege alimentiert werden kann.

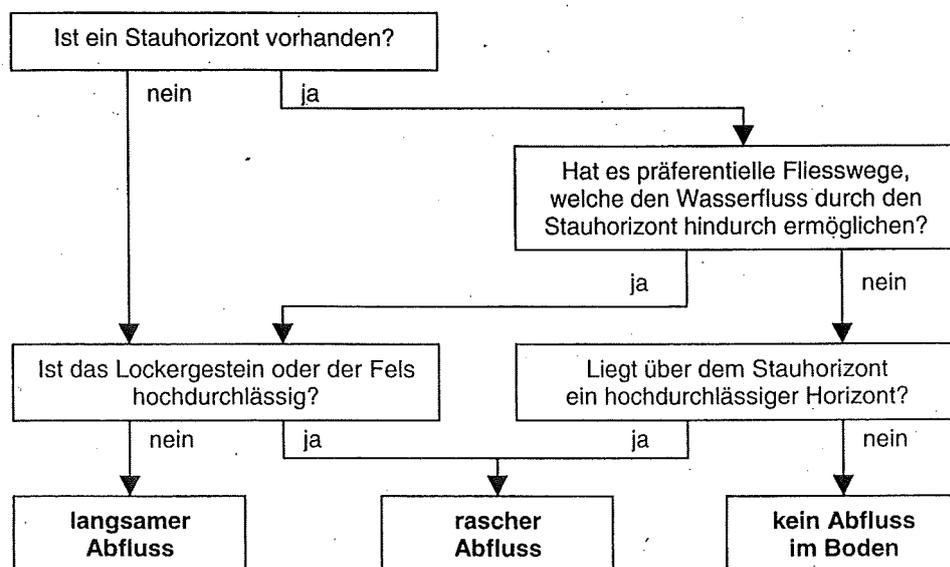
Rascher Abfluss kann durch Kenntnis der geologischen Verhältnisse im Untergrund oder durch Beregnungen mit einem Tracer (Färbversuche) festgestellt werden.

### Bewertung

Die Bewertung erfolgt anhand des unten abgebildeten Schemas.

Rascher und langsamer Abfluss können im Boden nicht miteinander auftreten, denn wenn rascher Abfluss stattfindet, dann wird praktisch alles Wasser, welches nicht gespeichert werden kann, auf diesen raschen Fliesswegen weggeführt. Der Anteil des langsamen Abflusses ist dann vernachlässigbar klein. Falls kein rascher Abfluss im Boden stattfindet, dann versickert das Wasser langsam in die Tiefe. Die folgende Darstellung stellt schematisch dar, unter welchen Bedingungen welche der drei Abflussarten zustande kommt:

#### Entscheidungsbaum Wasserabfluss unterhalb des Wurzelraums:



## 2.6 Zusammenfassung und Plausibilitätskontrolle

Die Bewertungen der einzelnen Merkmale und Prozesse werden in einer Tabelle zusammengestellt:

<b>Prozessbeurteilung</b>	<b>Punkte</b>	<b>Bemerkungen</b>
<b>Interzeption</b>		
DG Baumschicht		
DG Kraut- / Moosschicht		
Kronenlänge / -volumen		
Mischung		
<b>Bewertung Interzeption</b>		
<b>Infiltration</b>		
DG Kraut- / Moosschicht		
Hydrophobie der Auflage		
Humusform		
Durchmischungstiefe		
mechanische Verdichtung		
Hydromorphie im Oberboden		
<b>Bewertung Infiltration</b>		
<b>Durchlässigkeit</b>		
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)		cm
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>		
Stufigkeit des Bestandes		
Starkwurzeln		
Grobwurzeln		
Feinwurzeln		
Makroporen		
Risse / Hohlräume		
Wurmgänge		
Teilbewertung		
<b>Matrix</b>		
Hydromorphie		
Bodenentwicklung		
Skelettgehalt		
Teilbewertung		
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>		
<b>Speicherung</b>		
Mächtigkeit Wurzelraum in dm		
Skelettgehalt in %		
Feinerde (Multiplikator)		
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>		
präferentielle Fliesswege?		ja/nein
stark durchlässiges Lockergestein?		ja/nein
stark durchlässiges Festgestein?		ja/nein
<b>Art des Abflusses</b>		

### Weitere Beobachtungen im Feld

Der Grossteil der betrachteten Merkmale wurde an einem Bodenprofil erhoben. Ein Profil ist jedoch - auch bei sorgfältiger Wahl des Profilstandorts - nur sehr bedingt repräsentativ für einen ganzen Waldstandort; innerhalb einer Standortseinheit treten nicht selten sehr heterogene Ausprägungen der Bodenmerkmale auf. Um diesem Mangel zu begegnen, ist es wichtig, dass Beobachtungen, welche auf der Fläche gemacht werden, in die Bewertung einfließen.

Wenn daher im Feld **Anzeichen von zeitweise vorhandenem Oberflächenabfluss** erkannt werden (Oberfläche mit deutlichen Erosionsspuren, oberflächlicher Wasseraustritt etc.), dann sollen diese unbedingt als Bemerkungen notiert werden. Weil ihr Vorkommen vom jeweiligen Witterungsverlauf abhängig ist, können sie zwar bei der Bewertung nicht direkt mit einbezogen werden. Sie dienen jedoch als **Kontrollgrösse**: Wenn Anzeichen von Oberflächenabfluss vorhanden sind, muss sich bei der Gesamtbewertung für ein extremes Niederschlagsereignis Oberflächenabfluss ergeben. Sollte dies nicht der Fall sein, kann nachträglich die Bewertung der Infiltration bzw. der Durchlässigkeit um 1 bis max. 2 Klassen nach unten korrigiert werden. Es muss aber auf jeden Fall beurteilt werden, ob das Phänomen nur lokal ist oder für den ganzen repräsentierten Standortstyp von Bedeutung ist. Die Anwesenheit – aber auch die Abwesenheit! – von Oberflächenabflussspuren erlaubt also einen teilweisen Plausibilitätstest. Wir ermuntern deshalb, vor allem nach Starkregen die Bodenoberfläche genau zu betrachten.

Dasselbe gilt für die Beobachtung von **Rissen in der Bodenoberfläche**, welche in tonreichen Böden nach Trockenperioden vorkommen können. In solchen Fällen muss gegebenenfalls die Beurteilung der Infiltration bzw. der Durchlässigkeit um 1 Klasse nach oben korrigiert werden.

Bis hier haben wir eine Charakterisierung des Systems "Bestand-Boden" durchgeführt, welche die Grundlage bildet, um die Abflussprozesse bei einem gegebenen Ereignis zu beurteilen. Nun müssen wir zu einer Gesamtwertung bei einem möglichst realistischen Starkregenereignis gelangen.

Dazu muss zuerst ein Ereignis-Szenario bestimmt werden (Kapitel 3).

Anschliessend müssen die bisher getrennt betrachteten Prozesse im Zusammenhang betrachtet werden (Kapitel 4). Dadurch kann - unter dem festgelegten Ereignis-Szenario - schrittweise bestimmt werden, welche Wege das Wasser im Boden einschlägt und wie gross der beschleunigende resp. rückhaltende Anteil ist (vgl. Darstellung in der Einleitung, Kapitel 1).

### 3. Ereignis-Szenario

Die Wasserhaushaltsbetrachtung ist entscheidend vom zugrundegelegten Niederschlagsereignis abhängig. Kurze Regengüsse werden im Wald bei trockener Ausgangssituation oft fast vollständig durch Interzeption aufgefangen; nur ein geringer Teil gelangt überhaupt auf den Boden. Bei grösseren Regenfällen ist bedeutungsvoll, ob es sich um ein kurzes, heftiges Gewitter oder - im anderen Extremfall - um einen schwachen, aber lange dauernden Nieselregen handelt. In beiden Fällen kann die **Niederschlagsmenge** die selbe sein, aufgrund der unterschiedlichen **Intensität** ist aber im ersten Fall die Infiltrationskapazität des Bodens möglicherweise ungenügend und es entsteht Oberflächenwasserabfluss, was im zweiten Fall weniger zu erwarten ist. Eine sehr bedeutende Rolle spielt auch der Witterungsverlauf in der Zeit vor einem Extremereignis. Wenn der Boden aufgrund der Schneeschmelze oder vorangegangener Niederschläge schon weitgehend gesättigt ist, so steht nur noch ein Bruchteil der Speicherkapazität zur Verfügung.

Jedes extreme Niederschlagsereignis ist daher ein Einzelfall, und die Wirkung des Waldes ist dementsprechend unterschiedlich. Wenn wir die Abflussprozesse pro Standortstyp beurteilen und Standortstypen miteinander vergleichen wollen, müssen wir daher ein bestimmtes, möglichst realistisches "Ereignis-Szenario" festlegen.

Es ist naheliegend, dass bei kleineren Ereignissen der Einfluss des Waldes auf den Hochwasserabfluss gross ist und bei zunehmender Ereignisstärke geringer wird. Das Ereignis-Szenario muss daher dem Ziel, den **Einfluss des Waldes bei Extremereignissen** abzuschätzen, angepasst sein.

Für das Gurnigelgebiet gelten gemäss HADES (Hydrolog. Atlas der Schweiz, Blatt 2.4/2.4<sup>2</sup>) folgende Richtwerte für ein 100jähriges Ereignis: *40-50 mm pro Stunde* oder *110-120 mm pro Tag* (24 Stunden).

Für das **Ereignis-Szenario** haben wir eine Regenmenge von **100 mm innerhalb von 2 Stunden** gewählt. Dies entspricht also einer sehr hohen Intensität von 50 mm/h während einer eher kurzen Dauer. Im Gurnigelgebiet ist dieses Ereignis selten (>100-jährlich).

Wir haben zudem angenommen, dass in der Zeit vor dem Ereignis bereits ein gewisses Quantum an Niederschlag gefallen ist und daher **der potentielle Speicherraum nicht vollumfänglich zur Verfügung steht**.

Dies bedeutet, dass die in Kapitel 2.4 hergeleitete Speicherkapazität (SK) reduziert werden muss zu einer **effektiv verfügbaren Speicherkapazität (vSK)**. Diese ist von drei Faktoren abhängig:

- **Speicherkapazität (SK)**, wie unter Abschnitt 2.4 berechnet
- **Witterung vor dem Ereignis**<sup>1</sup>
- **Durchlässigkeit**<sup>2</sup> im Wurzelraum, wie unter Abschnitt 2.3 beurteilt

<sup>1</sup> Es wird angenommen, dass **50 mm der Speicherkapazität bereits durch die Witterung vor dem Ereignis gefüllt** worden sind. Dieser Fall tritt insbesondere bei Gewittern im Frühling auf, wenn von der Schneeschmelze her noch eine weitgehende Bodenwassersättigung vorliegt. Bei Sommer- und Herbstgewittern, wenn keine eigentliche Regenperiode vorhergegangen ist, ist der Bodenspeicher aufgrund der Transpiration der Pflanzen meist eher besser entleert.

<sup>2</sup> Bei sehr guter Durchlässigkeit steht der restliche Speicherraum vollumfänglich innert kurzer Zeit (während des zweistündigen Ereignisses) zur Verfügung. Je schlechter aber die Durchlässigkeit ist, desto weniger kann die vorhandene Speicherkapazität ausgenutzt werden. Diesem Umstand trägt die Berücksichtigung der Durchlässigkeit in Form eines **Durchlässigkeitsindex** Rechnung:

Durchlässigkeit	sehr gut	gut	mässig	schlecht	sehr schlecht
<b>Durchlässigkeitsindex</b>	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>

Die effektiv verfügbare Speicherkapazität berechnet sich nun folgendermassen:

**effektiv verfügbare Speicherkapazität vSK = (SK - 50 mm) \* Durchlässigkeitsindex**

Wenn wir im Folgenden den potentiellen Einfluss bestimmter Standortstypen auf das Hochwassergeschehen im Flysch beurteilen, müssen wir uns immer bewusst bleiben, dass wir dieser Beurteilung eine Extremsituation (über 100-jähriges Ereignis mit eher pessimistischer Vorgeschichte) zugrundegelegt haben. Bei weniger extremen Annahmen ergeben sich auch entsprechend bessere Resultate.

#### 4. Gesamtbeurteilung (Ermittlung der Senken)

Für jede der fünf Senken (vgl. Kapitel 1) kann nun der Anteil an Niederschlagswasser bestimmt werden, der ihm zugeführt wird. Ausgegangen wird von der im Ereignis-Szenario (Kapitel 3) festgelegten Menge von 100 mm innert zweier Stunden. Diese wird nun nacheinander auf die Senken verteilt.

##### Interzeption

Die Interzeption reduziert die Niederschlagsmenge um einen Absolutbetrag in mm. Im Idealfall beträgt dieser nach Literaturangaben rund 4 mm. Daher kann die Bewertung der Interzeption folgendermassen umgesetzt werden:

sehr gut 4 mm	gut 3 mm	mässig 2 mm	schlecht 1 mm	sehr schlecht 0 mm
------------------	-------------	----------------	------------------	-----------------------

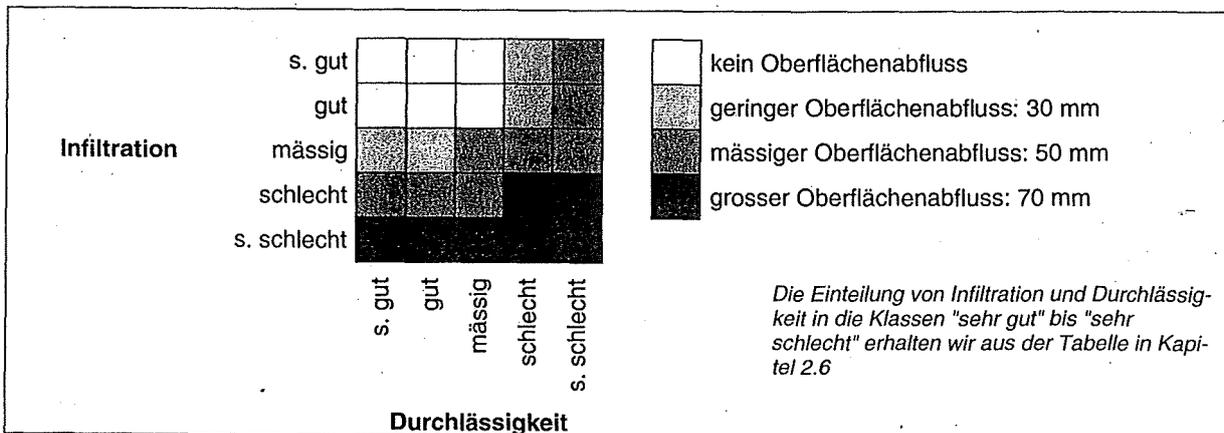
##### Oberflächenabfluss

**Oberflächenabfluss aufgrund mangelnder Infiltrationskapazität** entsteht bei mässiger bis sehr schlechter Infiltration. Bei guter bis sehr guter Infiltration wird ein ungehemmter Verlauf angenommen; d.h. die gesamte Regenmenge kann infiltrieren.

**Oberflächenabfluss aufgrund von Bodenwassersättigung** kann unter folgenden Bedingungen auftreten:

- wenn die Durchlässigkeit im Boden zu gering ist, um die gesamte Niederschlagsmenge aufzunehmen.
- wenn ein Stauhorizont vorhanden ist, welcher den Wurzelraum und damit die Speicherkapazität begrenzt.

Ob Oberflächenabfluss effektiv auftritt, hängt also sowohl von der Infiltration als auch von der Durchlässigkeit ab. Der Oberflächenabfluss kann daher nach folgender Grafik abgeschätzt werden:



Für **Böden ohne Stauhorizont** kann dieser Wert verwendet werden.

Bei **Böden mit Stauhorizont** spielt zudem die Speicherkapazität des Bodens eine begrenzte Rolle. Da kein Abfluss unterhalb des Wurzelraums stattfindet (vgl. Kapitel 2.5), fliesst alles Wasser, das nicht gespeichert werden kann, oberflächlich ab. Man kann für diesen Fall daher die einfache Rechnung aufstellen:

$$\text{Gesamtniederschlag} = \text{Interzeption} + \text{Speicherung} + \text{Oberflächenabfluss}$$

Da die Interzeption begrenzt ist und auch die Speicherung nicht grösser sein kann als die verfügbare Speicherkapazität vSK (vgl. nächsten Abschnitt), ist der resultierende Oberflächenabfluss bei Böden mit Stauhorizont meist grösser als der Wert aus obiger Grafik.

## Speicherung

Die effektiv verfügbare Speicherkapazität (vSK) gibt an, wie viel Wasser im Wurzelraum unter den Bedingungen des Ereignis-Szenarios noch gespeichert werden kann (vgl. Kapitel 3). Ob aber überhaupt soviel Wasser in den Boden gelangt, hängt von der Infiltrationskapazität ab. Deshalb kann es (auch in Böden ohne Stauhorizont) vorkommen, dass nach Abzug der Interzeption und des Oberflächenabflusses nicht mehr die ganze vSK ausgenützt werden kann.

### Beispiel:

Ein Boden, welcher eine potentielle Speicherkapazität (SK) von 170 mm und eine mässige Durchlässigkeit aufweist, hat eine effektiv verfügbare Speicherkapazität (vSK) von 72 mm:  $(170 \text{ mm} - 50 \text{ mm}) * \text{Index } 0.6$ . Wenn nun die Infiltrationsbedingungen ebenfalls nur mässig sind, ergibt sich ein Oberflächenabfluss von 50 mm (s. Grafik auf der vorangehenden Seite). Das bedeutet, dass höchstens 50 mm im Wurzelraum gespeichert werden können.

## Rascher oder langsamer Abfluss im Boden

Aufgrund des Entscheidungsbaums in Kapitel 2.5 kann entschieden werden, ob das restliche Wasser, welches nach Abzug der drei vorhergehenden Senken (Interzeption, Oberflächenabfluss und Speicherung) noch übrigbleibt, als rascher Abfluss im Boden zum Hochwasserabfluss beiträgt oder langsam versickert.

## 5. Beispiele

Die zwei nachfolgenden Beispiele zeigen die Beurteilung zweier realer Standortstypen unter dem beschriebenen Ereignis-Szenario. Beim ersten Beispiel kann der gesamte Niederschlag infiltrieren und entweder gespeichert werden oder in die Tiefe sickern. Im zweiten Beispiel können nur etwa 30 % des Starkniederschlages vom System "Bestand-Boden" aufgefangen werden.

Natürlich gibt es Flysch-Böden, wo noch weniger Niederschlagswasser aufgefangen werden kann. An der Tagung werden wir zusammen die Frage bearbeiten, auf welchen Standorten überhaupt eine relevante Wassermenge bei einem Extremereignis "geschluckt" werden kann. Nur auf jenen Standorten, wo dies möglich ist, werden wir dann fragen, wie wir den Wasserhaushalt mit waldbaulichen Massnahmen beeinflussen können.

### Beispiel 1: Waldbestand in der Gemeinde St. Stephan (BE)

Standortstyp: Typischer Tannen-Buchenwald (18a)  
 Geologie: Niesen-Flysch  
 Bodentyp: Mull-Braunerde, normal durchlässig, skelettreich  
 Bestand: 70% Ta, 30% Bu, wenig Fi, stufiger Bestandesaufbau, Deckungsgrad 90%

### Prozessbetrachtung (Kapitel 2; Resultate in Kurzfassung)

Prozess	Kurzbeschreibung der wichtigsten Merkmale	Beurteilung
Interzeption	70% Nadelholz, Deckungsgrad 90%	sehr gut
Infiltration	Humusform Mull, keine mechanische Verdichtung, keine Hydromorphie im Oberboden	gut
Durchlässigkeit		
Durchwurzelung und Makroporen	stufiger Bestand, Durchwurzelungsintensität hoch, mässig Makroporen/Risse/Wurmgänge	gut
Matrix	keine Hydromorphiemerkmale, Boden verbraunt, Skelettgehalt 40%	sehr gut
	Mittelwert von Teilschritt 1 und 2	gut
Speicherung (SK)	kein Stauhorizont, Skelettgehalt 40%, Feinerde lehmig	144 mm
Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums	keine präferentiellen Fließwege, kein stark durchlässiger Untergrund	langsamer Abfluss

### Ereignis-Szenario (Kapitel 3)

Senke	Kriterien	Resultat
Durchlässigkeitsindex	Durchlässigkeit = gut	0.8
vSK	(144 mm - 50 mm) * 0.8	75 mm

### Gesamtbeurteilung (Ermittlung der Senken; Kapitel 4)

Senke	Kriterien	Resultat
Interzeption	Bewertung "sehr gut"	4 mm
Oberflächenabfluss	kein Stauhorizont, Infiltration gut, Durchlässigkeit gut	0 mm
Speicherung	vSK = 75 mm	75 mm
Abfluss im Boden	langsamer Abfluss	11 mm

## Beispiel 2: Waldbestand in der Gemeinde Bondefontaine (FR)

Standortstyp: Tannen-Buchenwald mit Wald-Ziest (18s)  
 Geologie: Gurnigel-Flysch  
 Bodentyp: Hanggley, mit mächtiger Mullaufgabe, Obergrenze Gr-Horizont auf 85 cm  
 Bestand: 40% Fi, 30% Bu, 30% Ta, stufiger Bestandesaufbau, Deckungsgrad 85%

### Prozessbetrachtung (Kapitel 2; Resultate in Kurzfassung)

Prozess	Kurzbeschreibung der wichtigsten Merkmale	Beurteilung
Interzeption	70% Nadelholz, Deckungsgrad 85%	sehr gut
Infiltration	Humusform Hydromull, keine mechanische Verdichtung, keine Hydromorphie im Oberboden	gut
Durchlässigkeit		
Durchwurzelung und Makroporen	stufiger Bestand, Durchwurzelungsintensität mässig, wenige Makroporen/Risse/Wurmgänge	mässig
Matrix	deutliche Hydromorphiemerkmale, Boden nicht verbraunt, Skelettgehalt 15%	sehr schlecht
	Mittelwert von Teilschritt 1 und 2	schlecht
Speicherung (SK)	Gr-Horizont auf 85 cm, Skelettgehalt 15%, Feinerde lehmig	122 mm
Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums	keine präferentiellen Fließwege, kein stark durchlässiger Untergrund	kein Abfluss im Boden

### Ereignis-Szenario (Kapitel 3)

Senke	Kriterien	Resultat
Durchlässigkeitsindex	Durchlässigkeit = schlecht	0.4
vSK	$(122 \text{ mm} - 50 \text{ mm}) * 0.4$	29 mm

### Gesamtbeurteilung (Ermittlung der Senken; Kapitel 4)

Senke	Kriterien	Resultat
Interzeption	Bewertung "sehr gut"	4 mm
Oberflächenabfluss	$= 100 \text{ mm} - \text{Interzeption} - \text{Speicherung (vSK)}$	67 mm
Speicherung	$= \text{vSK} = 29 \text{ mm}$	29 mm
Abfluss im Boden	findet nicht statt	0 mm

## 6. Glossar

### **Bodentypen und Horizontbezeichnungen (vgl. Definitionen in "Gebirgsnadelwälder")**

Rohboden	Sammelbegriff für Böden, welche noch keine Bodenentwicklung (insb. Verbraunung, Gefügebildung und Ton-Neubildung) durchgemacht haben.
Braunerde	Kennzeichnend ist der braune Mineralerdeverwitterungshorizont (B-Horizont). Optimale Wasser- und Nährstoffspeicherverhältnisse, normale Durchlüftung, normale Wasserdurchlässigkeit.

### **Nassböden**

#### **stauwasserbeeinflusst**

Pseudogley	Stauwasserboden. Kennzeichnend ist ein verdichteter Horizont mit geringer Wasserleitfähigkeit (Sd-Horizont). Nassphasen mit Wassersättigung wechseln mit normalen Durchlüftungsverhältnissen ab. Die Dauer der einzelnen Phasen hängt vorwiegend von der Niederschlagsmenge ab.
Sw-Horizont	Stauwasserleiter in einem Pseudogleyboden.
Sd-Horizont	Staukörper in einem Pseudogleyboden (verdichtet).

#### **grund- / hangwasserbeeinflusst**

Gley	Grundwasserbeeinflusster Boden. Kennzeichnend ist ein ständig wassergesättigter, grau-blau-grünlich gefärbter Reduktionshorizont (Gr-Horizont), welcher bedingt durch die ständige Wassersättigung, nicht zum Wurzelraum gehört. Darüber liegt im Schwankungsbereich des Wasserspiegels ein wechselfeuchter, rostfleckiger Oxidationshorizont (Go-Horizont).
Hangley	Wie Gley, aber durch Hangwasser beeinflusst.
Go-Horizont	Oxidationshorizont (mit Rostflecken). Wechselnd zwischen Wassersättigung mit Phasen mangelnder Durchlüftung mit normalen Durchlüftungsverhältnissen.
Gr-Horizont	Reduktionshorizont in einem Gleyboden (mit Reduktionsfarben). ± ständig wassergesättigt.

### **Humusformen (vgl. Definitionen in "Gebirgsnadelwälder")**

Mull	aktive Humusform. Je nach Jahreszeit kann der Streuhorizont L fehlen. Der Fermentationshorizont F, wenn überhaupt vorhanden, ist nur schwach ausgebildet. Der Ah-Horizont weist meist ein stabiles Krümelgefüge auf und ist mächtiger als 8-10 cm.
Moder	mässig aktive Humusform. Die Aktivität der Regenwürmer tritt stark zurück. Die Streuzersetzung verläuft langsamer und es bildet sich ein durchgehender mehrjähriger Fermentationshorizont F. In Ansätzen kann sich ein Humusstoffhorizont H bilden. Die gehemmte Durchmischung bewirkt, dass ein schwarzer Ahh-Horizont auftreten kann. Die Mächtigkeit von Ah und Ahh ist geringer als 8-10 cm.
Rohhumus	wenig aktive Humusform. Die einzelnen organischen Auflagehorizonte sind deutlich ausgeprägt. Die Mächtigkeit des Fermentationshorizontes F sowie des Humusstoffhorizontes H kann sehr stark sein.

## Merkmale

Feinerde-Typen	Einteilung der Feinerde in 10 Klasse aufgrund ihrer Kornzusammensetzung in Ton, Schluff und Sand (der Sandanteil ist jeweils nicht angegeben; er bildet die Ergänzung auf 100%):		
	1 Sand	< 5 % Ton	< 50 % Schluff
	2 lehmiger Sand	5-10 % Ton	< 50 % Schluff
	3 sandiger Lehm	10-20 % Ton	< 50 % Schluff
	4 Lehm	20-30 % Ton	< 50 % Schluff
	5 Schluff	< 10 % Ton	> 50 % Schluff
	6 Schluff-Lehm	10-30 % Ton	> 50 % Schluff
	7 toniger Schluff-Lehm	> 30 % Ton	> 50 % Schluff
	8 toniger Lehm	30-40 % Ton	< 50 % Schluff
	9 lehmiger Ton	40-50 % Ton	< 50 % Schluff
	10 Ton	> 50 % Ton	< 50 % Schluff
Matrix	Feste Bodensubstanz ohne Porenraum.		
Poren	Hohlräume im Boden, welche entscheidenden Einfluss auf die Wasserbewegung im Boden haben. Man unterscheidet verschiedene Grössenklassen: <i>von Auge sichtbare Poren:</i> <b>Makroporen:</b> > ca. 0.2 mm <i>nicht mehr sichtbare Poren:</i> <b>Grobporen:</b> > 50 µm leicht entwässerbar (Gravitationswasser) <b>Mittelporen:</b> 0.2 -50 µm pflanzennutzbarer Porenraum <b>Feinporen:</b> < 0.2 µm Porenraum nicht mehr entwässerbar		
Makroporen	(siehe auch unter "Poren"). Von Auge sichtbare Poren. Die Makroporen werden an einem Handstück des Bodens angesprochen (u.U. mit Lupe). Mengen: "viele" zahlreich, "springen sofort ins Auge" "mässig" vereinzelt "wenige" selten, "man muss danach suchen" "keine" nicht sichtbar		
Wurmgänge	An der Profilwand sichtbar. Mengen: "viele" zahlreich, "springen sofort ins Auge" "wenige" selten, "man muss danach suchen" "keine" nicht sichtbar		
Wurzeln	Starkwurzeln: Durchmesser > 20 mm Grobwurzeln: Durchmesser 2 - 20 mm Feinwurzeln: Durchmesser < 2 mm Mengen: "viele" > 10 Wurzeln auf 10 * 10 cm "mässig" 6-10 Wurzeln auf 10 * 10 cm "wenige" 1-5 Wurzeln auf 10 * 10 cm "keine" keine entsprechenden Wurzeln		
präferentielle Fließwege	Strukturen im Boden, welche einen sehr raschen Fluss des Wassers innerhalb einer weniger gut durchlässigen Bodenumgebung ermöglichen. Diese können durch Risse, Mauslöcher oder auch durch abgestorbene Starkwurzeln gebildet werden.		

## Prozesse

Prozess	Ausdruck für einen Vorgang, welcher das Verhalten des Niederschlagswassers innerhalb des Systems "Bestand-Boden" (d.h. vom Auftreffen auf die Vegetationsschicht bis zum Abfluss aus dem Boden) beeinflusst. Die Prozesse werden anhand von Boden- und Bestandesmerkmalen beurteilt und nach einer fünfstufigen Skala zwischen "sehr gut" und "sehr schlecht" klassiert. Die fünf entscheidenden Prozesse sind: <i>Interzeption, Infiltration, Durchlässigkeit, Speicherung</i> und <i>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</i> .
Interzeption	Prozess: Vorgang, bei welchem auf die Pflanzendecke auftreffender Niederschlag an den Pflanzen hängen bleibt. (s. auch unter <i>Senken!</i> )
Infiltration	Prozess: Vorgang des Eindringens von Wasser in den Boden.
Durchlässigkeit	Prozess: Geschwindigkeit des Vordringens des Wassers im Boden. Der Begriff wird hier stets auf den Wurzelraum bezogen. Bei der Prozessbetrachtung geht es dabei nicht um eine absolute Grösse (z.B. in mm/h), sondern um eine relative Grössenordnung des Durchlässigkeitsverhaltens.
Speicherung	Prozess: Vorgang, bei welchem das in den Boden eingedrungene Wasser in die Matrix (→ Grob-, Mittel- und Feinporen) des Bodens eingelagert wird. (s. auch unter <i>Senken!</i> )
Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums	Prozess: Vorgang, welcher die Art des Wasserabflusses unterhalb des Wurzelraumes beschreibt. Dieser kann sehr rasch erfolgen, wenn stark durchlässige Lockergesteinsschichten oder ein zerklüftetes Festgestein an den Wurzelraum anschliessen. Ansonsten erfolgt ein allmählicher, langsamer Abfluss.

## Senken

Senke	Ausdruck für einen Ort, an dem ein Tropfen des Niederschlagswassers landen kann. Die Verteilung des Niederschlagswassers auf die verschiedenen Senken wird in einer absoluten Grösse (mm) angegeben. Sie ist Ausdruck dafür, wie der Abfluss des Wassers im entsprechenden System abläuft. Es werden fünf Senken definiert: <i>Interzeption, Oberflächenabfluss, Speicherung, rascher</i> und <i>langsamer Abfluss im Boden</i> .
Interzeption	Senke: Menge des Niederschlagswassers in mm, welche interzeptiert wird. (s. auch unter <i>Prozesse!</i> )
Oberflächenabfluss	Senke: Menge des Niederschlagswassers in mm, welches nicht in den Boden eindringen kann und daher oberflächlich abfließt.
Speicherung	Senke: Menge des Niederschlagswassers in mm, welches im Wurzelraum gespeichert werden kann. Siehe dazu auch die beiden folgenden Begriffe "Speicherkapazität" und "verfügbare Speicherkapazität". (s. auch unter <i>Prozesse!</i> )
Speicherkapazität (SK)	Grösse des potentiellen Speicherraumes für Wasser in der Matrix des Wurzelraumes (in mm).
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	Zu einem bestimmten Zeitpunkt und bei einem bestimmten Niederschlagsereignis im Wurzelraum effektiv zur Verfügung stehender Speicherraum in mm (abhängig von der Witterung vor dem Ereignis sowie der Durchlässigkeit eines Bodens). Entspricht der Senke "Speicherung".
rascher Abfluss im Boden	Senke: Menge des Niederschlagswassers in mm, welches aufgrund eines stark durchlässigen Untergrundes sehr rasch unterirdisch abfließt.
langsamer Abfluss im Boden	Senke: Menge des Niederschlagswassers in mm, welches zwar in den Boden infiltriert, aufgrund erschöpfter Speicherkapazität jedoch nicht im Wurzelraum zurückgehalten werden kann und in tiefere Bodenschichten versickert.

## 7. Literatur

- Al Aldinger, E. et al., 1996: Wurzeluntersuchungen auf Sturmwurfflächen 1990 in Baden-Württemberg. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 38.
- Ger Germann, P., 1999: Infiltrationsverhalten forstlicher Standortseinheiten. Schlussbericht Flyschprojekt BU-WAL.
- Lü Lüscher, P., Wasser, B., Zürcher, K., 2000: Standortsscharakteristiken. Schlussbericht Flyschprojekt BU-WAL.
- Mi Mitscherlich, G., 1971: Wald, Wachstum und Umwelt. Band 2: Waldklima und Wasserhaushalt. Sauerländer, Frankfurt a.M.
- Moe Moeschke, H., 1998: Abflussgeschehen im Bergwald. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 169.
- N Naef, F. et al., 1998: Die Auswirkungen des Rückhaltevermögens natürlicher Einzugsgebiete bei extremen Starkniederschlagsereignissen auf die Grösse extremer Hochwasser. Schlussbericht NFP 31. vdf, Zürich.
- Schef Scheffer/Schachtschabel, 1998: Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Ed. Enke, Stuttgart.
- Scher Scherrer, S., 1997: Abflussbildung bei Starkniederschlägen. Mitteilungen VAW 147.
- Schmi Schmid-Haas, P. et al., 1991: Die Sturmgefährdung von Einzelbäumen und Beständen. SZF 142.

### zur Interzeption

max. Benetzungskapazität: für Nadel-Baumholz: 3-4 mm, für Laub-Baumholz: 0.5-1 mm (Messungen aus unterschiedlichen Gebieten: Deutschland, Österreich; vermutl. eher Tieflagen)	Mi 184
Bestandesstruktur ohne grossen Einfluss: stufiger Bestand ebenso gut wie einschichtiger Bestand; entscheidend ist Laub-/Nadelmasse	Mi 202
Bodenvegetation: kann u.U. bei nicht allzu dichter Baumschicht ähnlich hohe Werte wie diese erreichen.	Mi 207
3-4 mm Benetzungskapazität	Moe 178
DG nicht allein wichtig; wichtig v.a. auch Verteilung der Bäume: gleichmässige Auflockerung des Bestandes hat kleineren Einfluss als lokaler Kahlschlag	Moe 180f

### zur Infiltration

Messungen im Wald sehr schwierig; da bezüglich Durchlässigkeit sehr heterogen	Scher 33
bevorzugte Fliesswege sind entscheidend	Moe 179
Erhöhung des Grobporenvolumens ist die beste Massnahme, um das Speicherpotential des Bodens auszunutzen (Erhöhung der Austauschfläche Poren/Matrix)	Moe 179
Wurzelstruktur ist entscheidend. Auf vernässten Böden ist daher v.a. die Ta wichtig	Moe 184f
hohe kleinräumliche Veränderung der gesättigten Leitfähigkeit in Waldböden → Variation in der Grobporenverteilung	Moe 26
Gley und Pseudogley verursachen Oberflächenabfluss, bei Braunerde-Pseudogley tritt jedoch Interflow im Oberboden-Grobporensystem auf	Moe 26f
kein Oberflächenabfluss im Bergwald: wegen intensiver Durchwurzelung und Bioturbation	Moe 178
Abflussgeschehen im Wald meist von SSF dominiert. DH kann aber durchaus auch vorkommen	N 95f
Der SSF nimmt sehr bald nach Einsetzen des Regens eine konstante Grösse an	N 98
lateraler Abfluss ist bei vorhandenen Stauschichten besonders gross. Wenn eine Stauschicht fehlt, dann dominiert die Tiefensickerung	N 99
Geringe Interaktion zwischen Matrix und Grobporen beschleunigt den Abfluss im Boden	N 100
Makroporensystem variiert je nach Jahreszeit	N 100
Auch SSF kann zu Abflussspitze beitragen (→ Beispiele für Anlaufzeiten)	N 101f
In dicht stehenden Beständen bleiben die Wurzelballen klein	Schmi 477ff
Mit einer Einengung im Kronenraum geht eine Einengung des Wurzelraumes einher.	Al 21

### zu Durchlässigkeit und Wasserspeicherung

wichtig: Vegetationsbedeckung, tiefwurzelnde Baumarten, Verdichtung, Beweidung, Körnung, Tonanteil, Verdichtungsneigung	Mi 241
Arten von Oberflächenabfluss:	N 92ff
<ul style="list-style-type: none"> <li>• AH (absolut hortonisch): ungenügende Infiltrationskapazität bereits zu Beginn</li> <li>• DH (verspätet hortonisch): zu Beginn genügende Infiltrationskapazität, dann nicht mehr</li> <li>• TH (temporär hortonisch): am Anfang des Niederschlags, bei temporär hydrophober Streu</li> <li>• SOF (saturierter Oberflächenabfluss): bei Sättigung des Bodens bis zur Oberfläche</li> </ul>	
Die Neigungsverhältnisse haben keinen grossen Einfluss auf den Oberflächenwasserabfluss	N 48 / N103f
Verschlechterung der Infiltration durch zerstörte Aggregate und Verschlammung	Schef 196
Auflagehorizonte und Grobporen sind entscheidend	Ger
Infiltrationsrate ist abhängig von der Niederschlagsintensität	Moe 62f
Streu verbessert die Benetzbarkeit des Bodens	Moe 178
Hydrophobie: Gross v.a. bei starker Austrocknung (vorübergehend hydrophob) und bei dauernder Vernässung (dauernd hydrophob). Gilt aber v.a. für Freilandböden...	N 102f
Infiltrationsminderung durch Verschlammung	N 105
Anleitung zur Berechnung des pflanzenverfügbaren Wasserspeicherpotentials und der Wasserdurchlässigkeit (int. Papier WSL, Bodenkunde).	

## Untersuchungen von Wurzelsystemen (Fi, Ta, Bu) auf ausgewählten Waldstandortstypen im Gantrischgebiet

### Ausgangslage und Zielsetzung

Die Erschliessung des Bodens mit Wurzeln verschiedener Baumarten war aus methodischen Gründen kaum je Gegenstand systematischer, wissenschaftlicher Untersuchungen. Im Standardwerk „Die Wurzeln der Waldbäume“ von Köstler, Brückner und Biebelriether (1968) bemerken die Autoren, „dass die Wurzeltracht der Waldbäume durch die Standortverhältnisse weitgehend, ja bis zur Unkenntlichkeit der Grundformen, modifiziert werden kann“. Sie bemerken auch, dass die Empfindlichkeit auf Stau- oder Grundnässe bei den einzelnen Baumarten unterschiedlich sei. Als besonders empfindlich wird die Fichte bezeichnet, die ihr Wurzelsystem in solchen Böden vorwiegend im Auflagehumus und im Oberboden anlegt und damit zur Gruppe der flachwurzelnden Baumarten (weniger als 6 dm) gerechnet wird. Sie schreiben desweiteren, dass die Senkerwurzeln der Fichte in hohem Alter besonders auf ungünstigen Standorten absterben und sich der Wurzelsteller somit noch mehr verflacht.

Die Buche wurzelt gemäss Autoren mitteltief (6-12 dm). Sie zeigte sich als ausgesprochen intensiv wurzelnde Baumart mit der höchsten an Waldbäumen festgestellten Feinwurzelintensität. Schon in wenigen dm vertikaler und horizontaler Ausdehnung nehmen die Anteile an stärkeren Wurzeln extrem ab und zweigen sich in Feinwurzeln auf. Die Buche reagiert, gemäss Autoren, stark auf Standortsunterschiede, vor allem in der Vertikalwurzelentwicklung.

Die Tanne wird von den Autoren zu den Tiefwurzeln (über 12 dm) gezählt, sie reagiert von allen Nadelbaumarten in der Ausbildung des Wurzelsystems am wenigsten auf Standortsunterschiede.

Mitunter werden die Unterschiede der Durchwurzelung mit genetisch bedingter (damit baumartenspezifisch unterschiedlicher), zeitlicher Flexibilität des Wurzelwachstums erklärt.

Allgemein zeigen die Laubbäume gegenüber den Nadelbäumen eine meist viel intensivere Durchdringung des Wurzelraumes mit ihren stark aufgezwigten, feinwurzelreichen Wurzelsystemen, so die Autoren.

Eingehende Untersuchungen über Luftkapazität und Wasserdurchlässigkeit in Waldböden verschiedener Bestockung ergaben, dass die günstigsten Werte unter einer gemischten Dauerbestockung von Laub- und Nadelbäumen (Plenterwald) gemessen werden können.

Im Rahmen der von Ellenberg, Mayer und Schauer mann (1986) betriebenen Ökosystemforschung in Deutschland, bekannt unter dem Namen „Solling-Projekt“, wurde unter anderem auch die Durchwurzelung des Bodens genauer untersucht. Mittels Grabungen wurde die Biomasse (mg Wurzeln / 100 ml Boden Trockengewicht) vorwiegend von Buchen (und einzelnen Fichten) in verschiedenen Bodentiefen, Stammabständen, Wurzelklassen und Jahreszeiten bestimmt.

Die wichtigsten Resultate können folgendermassen zusammengefasst werden:

- Die Biomasse der Fein- und Feinstwurzeln ( $\varnothing$  kleiner 2 mm) der Buche (Abstand 2 m von der Stammbasis) war unabhängig von der Jahreszeit im Auflagehumus und im obersten Mineralerdehorizont am grössten. Die jahreszeitlichen Unterschiede waren enorm (bis zu 10 x mehr Biomasse im Oktober als im Mai).

- Die Buchenschwachwurzeln ( $\varnothing$  2-5 mm) wiesen bis in eine Tiefe von 15 cm mit zunehmendem Stammabstand (5 Beprobungen zwischen 1 und 3 m) eine entsprechende Zunahme der Biomasse auf. In der Tiefe von 30-80 cm war die Biomasse mit zunehmendem Stammabstand rückläufig, was dem Bild des Herz-wurzelsystems gut entspricht.
- Die Starkwurzelbiomasse ( $\varnothing$  grösser 5 cm) der Fichte war im Verhältnis zur oberirdischen Biomasse wesentlich höher als diejenige der Buche.

Zwei weitere Untersuchungen jüngeren Datums auf den Sturmwurfflächen von 1990 in Baden-Württemberg sind an dieser Stelle erwähnenswert. Die erste, von Aldinger, Seemann und Konnert (1996), befasst sich mit Wurzeltellern geworfener Baum- und Althölzer (Fi, Ta, Fö, Dou, Bu, TEi). Von der Untersuchung ausgeschlossen sind wechselfeuchte und zur Vernässung neigende Standorte.

Folgende Ergebnisse können zusammenfassend festgehalten werden:

- Sämtliche untersuchten Wurzelteller waren tief wurzelnde Ballen, keine flachen Wurzelteller. Nur wenige klassisch ausgeprägte Pfahlwurzelsysteme konnten festgestellt werden.
- Die Fichte wies im Mittel von 825 untersuchten Wurzeltellern eine Wurzelballentiefe von 100 cm auf, die grösste Tiefe betrug 190 cm.
- Die Tanne wurzelte im Durchschnitt von 299 untersuchten Wurzelballen 120 cm tief, bei einer maximalen Tiefe von 220 cm.
- Die grösste Wurzelballentiefe der Buche lag bei 200 cm, der Durchschnitt von 472 untersuchten Wurzelballen betrug 120 cm.
- Die durchschnittliche Wurzelballentiefe aller Baumarten variierte im Rahmen von ca. 40 cm in Abhängigkeit vom Substrat.
- Die Wurzelballenbreite schwankte bei allen untersuchten Baumarten zwischen 2.7 und 4 m.
- Auf den baumphysiologisch günstigen Substraten zeigten alle untersuchten Baumarten ähnliche Wurzelballentiefen.
- Zwischen dem BHD und dem Volumen des Wurzelballens konnte für die Hauptbaumarten (Fi, Ta, Bu) bis zu einem BHD von 55 cm eine lineare Beziehung festgestellt werden. Bei höherem BHD ändert sich diese Beziehung baumartenspezifisch (siehe auch Abb. 1).
- Stärkere Bäume haben mehr Wurzelballenvolumen, jedoch nicht notwendigerweise eine tiefere Durchwurzelung.

Die zweite Untersuchung, von Schreiner, Aldinger und Bantle (1996), widmet sich den Standorten der Sturmwurfflächen von 1990 und mitunter der Sturmstabilität einzelner Baumarten auf verschiedenen Standorten.

Nachfolgend sind die Ergebnisse zusammengestellt:

- Die Tanne wies auf schweren und vernässten Böden eine höhere Wurzelintensität als die Fichte auf.
- Die Konkurrenzkraft der Buche nahm bei steigendem Stauwasser nicht so schnell ab wie es die Standortskartierung in Baden-Württemberg bisher angenommen hatte. Einen höheren Buchenanteil auf wechselfeuchten Standortseinheiten würde daher vermutlich zu einer relativen Verbesserung der Bestandesstabilität führen.

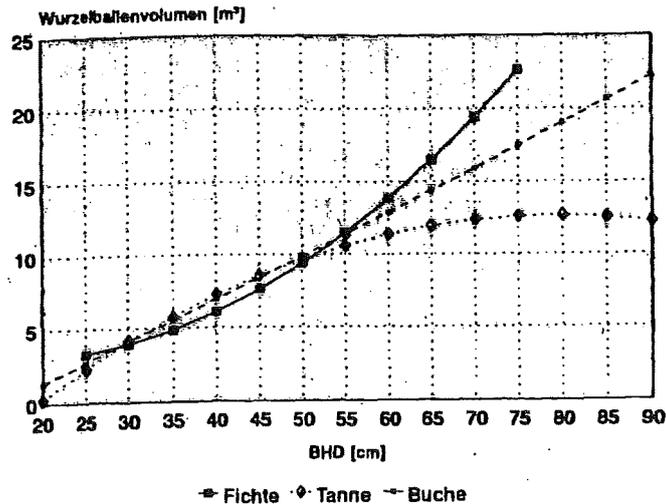


Abb. 1: Beziehung zwischen BHD und Wurzelballenvolumen nach Aldinger et al. (1996)

Eine Untersuchung von Roloff und Römer (1989) über die Beziehungen zwischen Krone und Wurzel bei jungen Buchen (2m Höhe, keine Erfassung von Feinwurzeln) ergibt folgende, in diesem Zusammenhang interessante Ergebnisse:

- Einzelne Buche entwickelten ihr Wurzelsystem in eng begrenzten Bodenbereichen oder gar nur in eine Himmelsrichtung.
- Es konnten hochsignifikante Korrelationen der Beziehungen sowohl innerhalb der Krone als auch zwischen Krone und Wurzel aufgezeigt werden, die weder von Standort, noch von Wurzeltiefe, noch von Baumalter beeinflusst werden.
- Das Wurzel / Spross-Verhältnis betrug durchschnittlich 1:3. Dieses Verhältnis ändert aber mit zunehmendem Pflanzengewicht (d.h. Alter).

### Eigene Ansätze

Bis anhin wurden - meist im Zwischenkronenbereich - an Bodenprofilen zum Zeitpunkt der Aufnahme die Durchwurzelungsintensität sowie allfällig erkennbare Limiten des Wurzelraumes angesprochen und beurteilt.

Ausgezählt wurden an der Profilwand horizontspezifisch auf einer 10 x 10 cm grossen Fläche die Feinwurzeln ( $\varnothing < 2$  mm) und die Grobwurzeln ( $\varnothing 2 - 20$  mm) sowie auf einer 50 x 50 cm grossen Fläche die Starkwurzeln ( $\varnothing > 20$  mm). Limiten für den Wurzelraum sind bei der Beurteilung Felsuntergrund, Verdichtungen und Vernässungen.

Zentrales Anliegen bei dieser Betrachtung war immer den Zusammenhang zum bestehenden Bodenaufbau bzw. zum vorhandenen Porensystem herzustellen. Denn nur durch eine möglichst tiefgründige, intensive Durchwurzelung kann die Kontinuität des Porenraumes im Boden erhalten oder gar erhöht werden.

Im Rahmen des WSL / BUWAL - Projektes "Baumwurzeln und Bodeneigenschaften" wird der Wurzelzustand von Einzelbäumen in Abhängigkeit von chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften untersucht. Dabei wird eine neue Methode zur Beprobung des Wurzelraumes stehender Bäume verwendet (vgl. weiter unten).

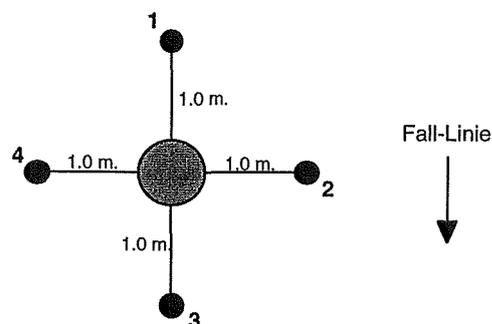
Ebenfalls untersucht wird in einem andern angelaufenen Projekt der Zusammenhang zwischen Bodenversauerung und Wurzelsystemen der Hauptbaumarten, wobei eine erste Beurteilung an Wurzeltellern geworfener Lothar - Bäume erfolgt.

## Methodisches Vorgehen bei den Vorbereitungsarbeiten für den Kurs

Die Feldbeprobung erfolgte mittels eines Bohrgerätes (Humax), welches Bohrkerne von 10 cm Durchmesser in Hülsen von 25 cm Länge erbohrt. Wo immer möglich, wurde bis in die Tiefe von 100 cm (4 Hülsen) gebohrt, bei den Buchen wurde diese Tiefe nie erreicht. Pro Baum wurden 4 Bohrlöcher im Stammabstand von 100 cm in den Boden getrieben (siehe auch Abb. 2), je zwei in der Fall-Linie (oberhalb und unterhalb des Stammes) und zwei seitwärts.

### Beprobungsraster für GWG Gantrisch

Beprobung mit HUMAX - Bohrgerät im Wurzelraum eines Einzelbaumes



#### Standorte für Beprobungen

● Wurzelbeprobungen (Nr. 1, 2, 3, 4)

Abb. 2: Beprobungsraster für Objekte GWG Gantrisch

Beprobt wurden insgesamt 5 Fichten, 4 Tannen und 3 Buchen, die sich wie folgt auf die Objekte verteilen:

	Tiefengraben	Pfyffe	Scheidwald
Fichte	2	1	2
Tanne	2	0	2
Buche	2	0	1

Tabelle 1: Anzahl und Verteilung der beprobten Bäume

Anschliessend wurden die Proben im Labor aufbereitet, das heisst die Wurzeln von der Feinerde getrennt und in 5 Wurzelklassen unterteilt (nach Arbeitskreis Standortskartierung, 1996):

Klasse:	Fein	Schwach	Grob	Derb	Stark
Grösse Ø	< 0.2 cm	0.2 – 0.5 cm	0.5 - 2 cm	2 - 5 cm	> 5 cm

Tabelle 2: Grössenzuordnung der Wurzelklassen

Die Trocknung sowohl der Wurzeln wie auch der Feinerde erfolgte getrennt nach Bohrloch, -tiefe und Wurzelklasse bei 60° C (Trockengewicht Boden normalerweise 105° C). Nach der Trocknung wurden alle Teilproben gewogen, um für die Auswertung die Wurzelmasse pro Klasse in g auf die jeweilige Feinerdeprobe in kg (beides Trockengewicht) beziehen zu können.

In drei Bohrlöchern bohrte man Starkwurzeln an. Dadurch konnte der Bohrer nicht mehr vorgetrieben werden. Sie vermochten die Bohrprobe deshalb zu stören. Dies äusserte sich bei der Auswertung in enorm hohen Werten (g Wurzeln / kg Boden), da die grossen Wurzelmassen infolge der gestörten Bohrung einem geringen Feinerdeanteil zuzuordnen waren. Diese drei Bohrungen werden in den nachfolgenden Resultaten vernachlässigt.

## Resultate aus den einzelnen Kursobjekten

### Vergleich der einzelnen Baumarten

Generell sind die Werte der einzelnen Bohrungen sowohl innerhalb der einzelnen Baumarten als auch innerhalb der 4 Beprobungen desselben Baumes sehr unterschiedlich. Auch konnte keine Abhängigkeit der Wurzelmasse in bezug zur Fallinie festgestellt werden. Der folgenden Tabelle sind einige Eckdaten der drei beprobten Baumarten bezogen auf die Summe der in den einzelnen Bodentiefen festgestellten Werte zu entnehmen (siehe auch Abb. 3 weiter unten):

	<b>Fichte</b>	<b>Tanne</b>	<b>Buche</b>
Anzahl Bohrungen	18	15	12
Bohrungen mit summarisch mehr als <b>20 g W./kg B. absolut</b>	6	9	7
Bohrungen mit summarisch mehr als <b>20 g W./kg B. Prozent</b>	<b>33%</b>	<b>60%</b>	<b>58%</b>
Bohrungen mit summarisch mehr als <b>50 g W./kg B. absolut</b>	0	5	5
Bohrungen mit summarisch mehr als <b>50 g W./kg B. Prozent</b>	<b>0%</b>	<b>33%</b>	<b>42%</b>

Tabelle 3: Vergleich der erbohrten Wurzelmassen für Fichte, Tanne und Buche

Die Daten lassen deutlich die Tendenz erkennen, dass die Produktion von Wurzelmasse bei den untersuchten Baumarten auf diesen vernässten Standorten in der Reihenfolge Fichte, Tanne, Buche zunimmt.

Die Anteile der Massen, wiederum bezogen auf die Summation der Werte der einzelnen Bodentiefen, ergibt folgende interessante Eckdaten (siehe auch Abb. 3, 4 weiter unten):

	<b>Fichte</b>	<b>Tanne</b>	<b>Buche</b>
Anzahl Bohrungen	18	15	12
Bohrungen mit mehr als ca. 80% der Masse in <b>0-25 cm absolut</b>	13	6	4
Bohrungen mit mehr als ca. 80% der Masse in <b>0-25 cm Prozent</b>	<b>72%</b>	<b>40%</b>	<b>33%</b>
Bohrungen mit mehr als ca. 80% der Masse in <b>0-50 cm absolut</b>	15	11	9
Bohrungen mit mehr als ca. 80% der Masse in <b>0-50 cm Prozent</b>	<b>83%</b>	<b>73%</b>	<b>75%</b>
Wurzelnachweise unter 75 cm Tiefe <b>absolut</b>	6	5	keine Werte
Wurzelnachweise unter 75 cm Tiefe <b>Prozent</b>	<b>33%</b>	<b>33%</b>	keine Werte

Tabelle 4: Vergleich der Tiefenverteilung der Wurzelmasse von Fichte, Tanne und Buche

Bereits aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Fichte einen deutlichen Trend zur Ausbildung von oberflächennahen Wurzelsystemen (unter Berücksichtigung von Standort und geringer Datenmenge) hat. Interessant erscheint auch, dass die Buche weniger Gesamtwurzelmasse in den obersten 25 cm aufweist als die Tanne.

In Abbildung 3 sind sämtliche Werte der einzelnen Bohrlöcher in bezug auf Baumart und Bodentiefe gemittelt.

Wiederum lässt sich die markante Mehrproduktion von Wurzelmasse bei der Buche und der Tanne gegenüber der Fichte erkennen (Buche 4x, Tanne 3x soviel Masse im Vergleich zur Fichte).

Beachtet man die Tiefenerschliessung, so gilt auch hier die zunehmende Reihenfolge Fichte, Tanne, Buche. Zu beachten ist, dass für die Buche keine Werte in der Tiefe von 75-100 cm vorliegen, was das Bild noch mehr zugunsten der Buche verändern würde.

### **Vergleich der einzelnen Objekte**

Aus der Abbildung (Abb. 4) ist ersichtlich, dass der Standort Scheidwald bei allen drei Baumarten generell die grösseren Wurzelmassen aufweist. Weiter ist zu beobachten, dass die Tiefenerschliessung auf dem Standort Scheidwald bei allen drei Baumarten besser ist als auf dem Standort Tiefengraben.

Die Fichte aus der Aufforstung Pfyffe liegt bezüglich Massenproduktion wenig vor Tiefengraben und weist eine andere Tiefenerschliessung auf.

Die Abbildung (Abb. 5) zeigt die Tendenz zur vermehrten Ausbildung der stärkeren Wurzelklassen bei allen Baumarten auf dem Standort Scheidwald im Vergleich zum Standort Tiefengraben. Zu beachten sind die leicht veränderten Bodentiefen im Vergleich zu den anderen Abbildungen. Sie soll den Einfluss der oberflächennahen Bodenhorizonte auf die Wurzelbildung aufzeigen, die Bodentiefe 0-15 cm entspricht meistens dem Ah-Horizont.

### **Tendenzen für alle Proben**

In bezug auf alle Proben lassen sich folgende Tendenzen erkennen:

- intensivste Durchwurzelung in den obersten 25 cm bei Fichte und Tanne
- Hauptmasse der Wurzeln aller Baumarten tiefer 25 cm in mittleren/stärkeren Wurzelklassen
- flacheres Wurzelsystem mit bedeutend geringerer Masse bei Fichte als bei Tanne und Buche
- Tanne relativ wenige Feinwurzeln in allen Bodentiefen, Hauptmasse meist in mittleren Wurzelklassen
- geringere Produktion von Wurzelmasse bei Tanne als bei Buche
- ziemlich grosse Anteile an stärkeren Wurzeln in allen Bodentiefen bei Buche

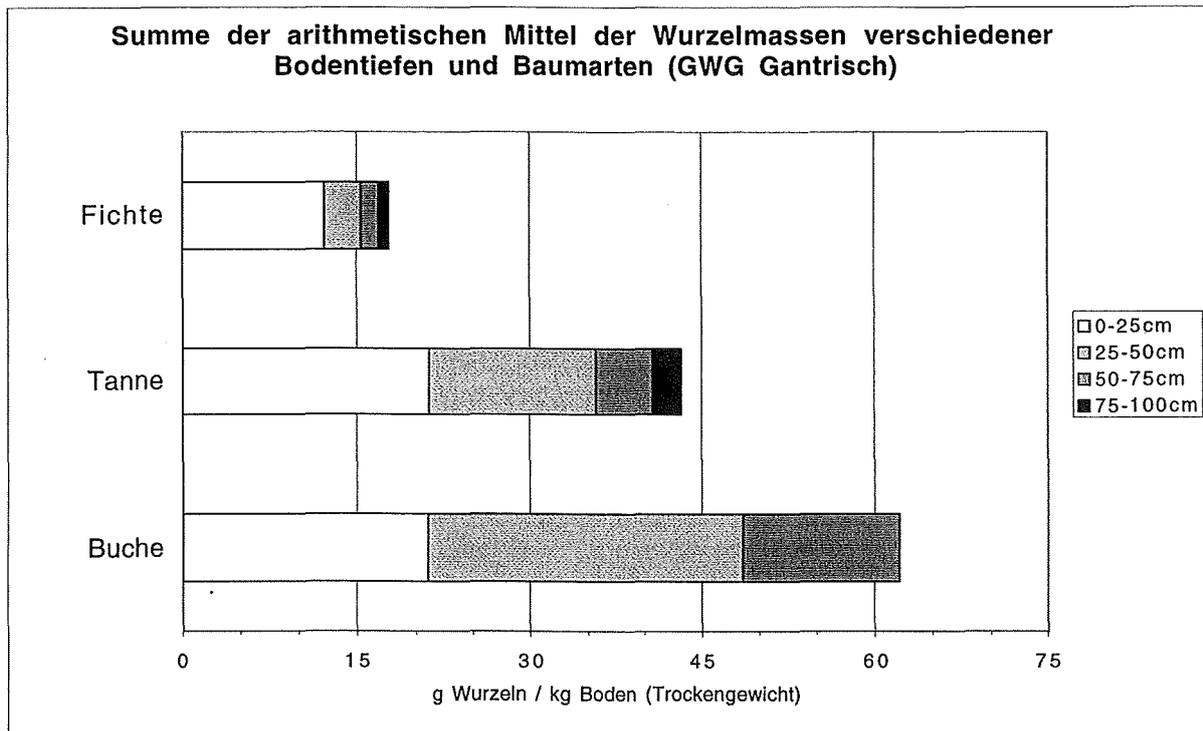


Abb. 3: Summe der durchschn. Wurzelmassen verschiedener Bodentiefen und Baumarten

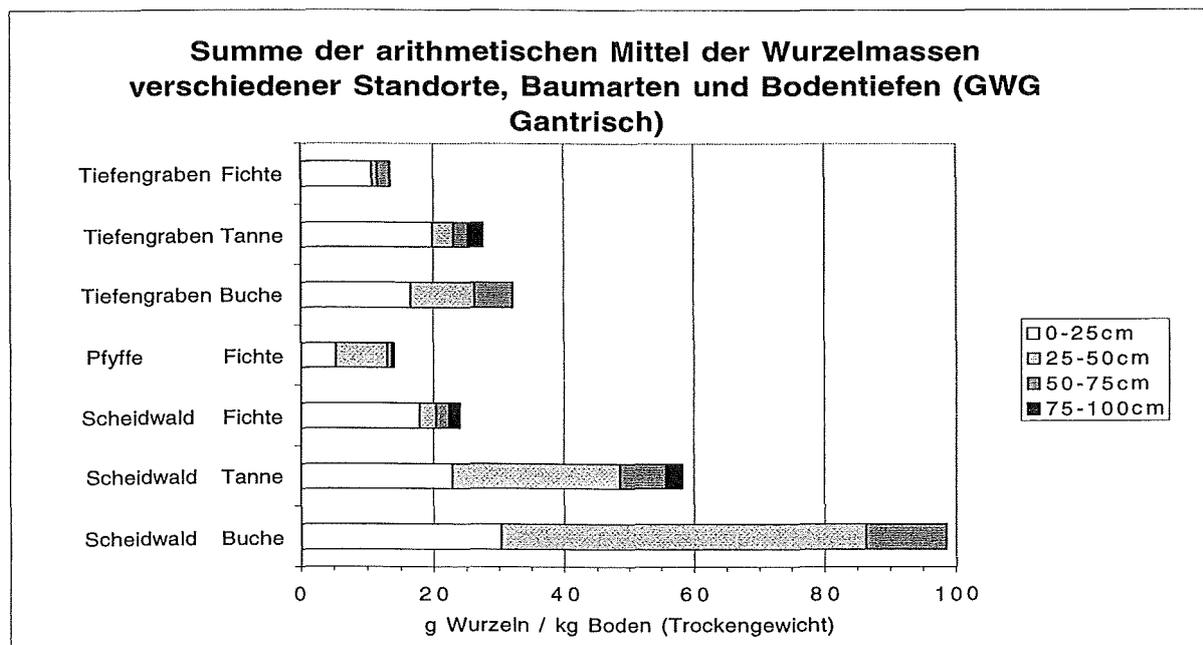


Abb. 4: Summe der Wurzelmassen verschiedener Standorte, Baumarten und Bodentiefen

### Anteile der Wurzelklassen verschiedener Standorte, Baumarten und Bodentiefen (GWG Gantrisch)

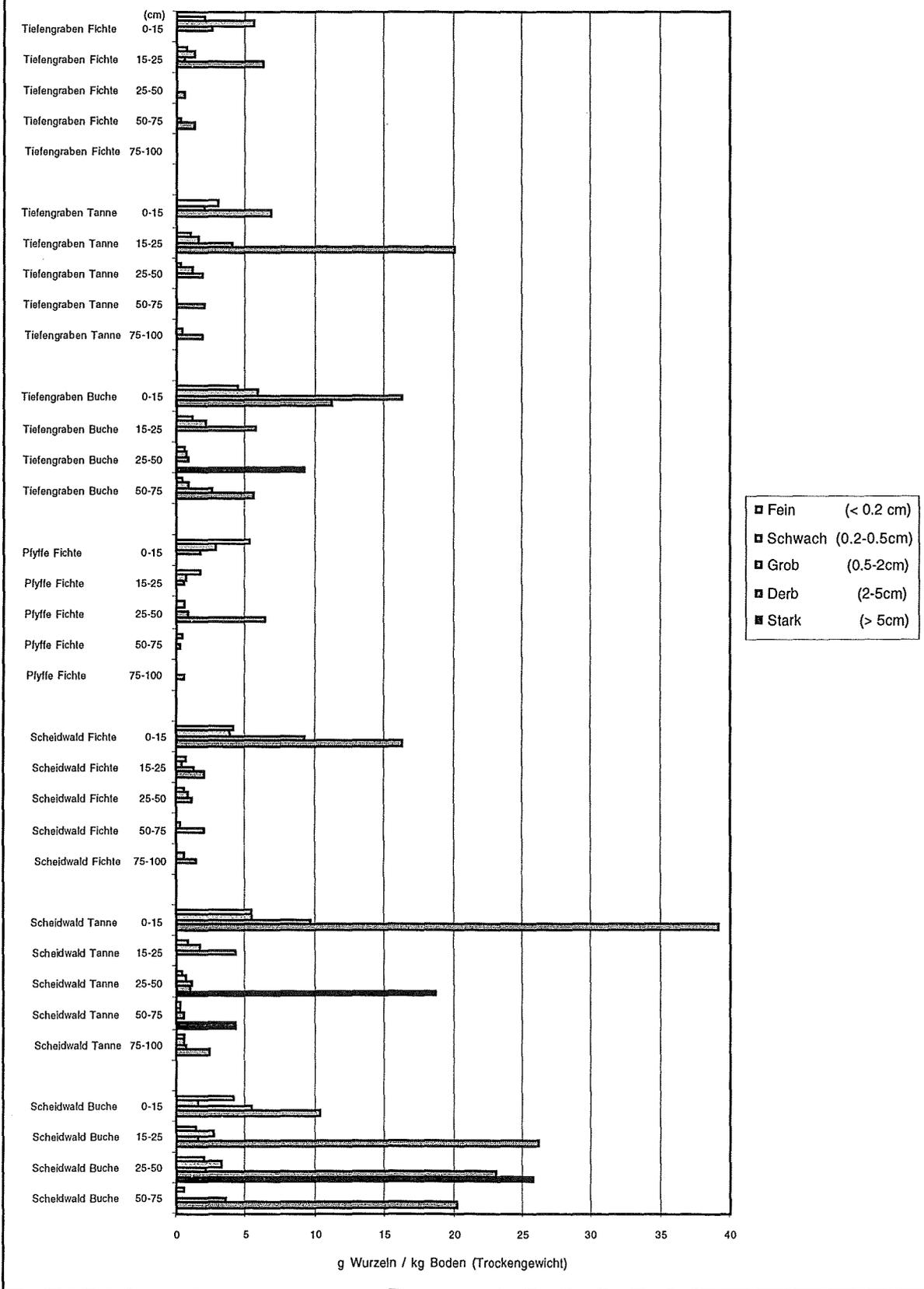


Abb. 5: Anteile der Wurzelklassen verschiedener Standorte, Baumarten und Bodentiefen

## **Aufgetretene Schwierigkeiten**

- Trifft der Bohrkopf bei der Bohrung auf eine Starkwurzel, so kann diese die Probe beeinträchtigen.
- Die „Aushebung“ kleinerer Wurzeln ist bei gesättigten Böden sehr mühsam und daher zeitintensiv.
- Die Identifikation von Wurzeln der entsprechend beprobten Baumart ist oft schwierig.
- Die vertikale Bohrung ergibt in der gewählten Anordnung keinen Aufschluss über die vertikale Verteilung der Wurzeln (nur horizontal), somit können nur beschränkt Aussagen über die klassischen Bilder der Wurzelsysteme gemacht werden (Pfahlwurzelssystem).

## **Kommentar und Ausblick**

Wir stehen mit der standortsspezifischen Erfassung von Wurzelsystemen an Einzelbäumen am Anfang. Die beschriebene und im Rahmen des Kurses als Pilotprojekt angewandte, neue Methodik hat sich grundsätzlich gut bewährt. Der vermehrte Einsatz dieser Methodik erscheint dem Bedürfnis einer systematischen Erforschung von Wurzelsystemen und standortsspezifischer Bodenerschließung verschiedener Baumarten gerecht werden zu können.

Jedoch müssen die Grenzen erkannt werden, so können zwar durch die Wahl unterschiedlicher Abstände von der Stammbasis die verschiedenen Wurzelsysteme besser beschrieben werden, dennoch können Pfahlwurzeln mit vertikaler Bohrung nicht vollumfänglich erfasst werden.

Überhaupt setzt die Dimension der Wurzeln dem Verfahren Grenzen, so können Starkwurzeln, vor allem von Baumarten mit hartem Wurzelholz, quantitative Aussagen massiv erschweren. Ähnliche Probleme sind bei Böden mit hohem Skelettanteil zu erwarten. Es hat sich auch gezeigt, dass die Identifikation von Wurzeln der entsprechend beprobten Baumart schwierig ist, was natürlich Auswirkungen auf die quantitativen Resultate hat. Bezüglich Bodenhorizonterschließung der verschiedenen Baumarten im Vergleich liefert die Methodik qualitativ gute Resultate.

Die eingangs erwähnten neuen Projekte „Baumwurzeln und Bodeneigenschaften“ sowie „Bodenversauerung und Wurzelsysteme“ bringen künftig standortsspezifisch wertvolle Hinweise zur Beurteilung der Durchwurzelung.

## **Quellen:**

- Aldinger, E.; Seemann, D.; Konnert, V. (1996): Wurzeluntersuchungen auf Sturmflächen 1990 in Baden-Württemberg, Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung 38, Seiten 11-25
- Arbeitskreis Standortkartierung (1996): Forstliche Standortsaufnahme, IHW-Verlag, Eching, 352 Seiten
- Ellenberg, H.; Mayer, R.; Schauermann, J. (1986): Ökosystemforschung - Ergebnisse des Solling-Projekts, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 507 Seiten
- Köstler, J. K.; Brückner, E.; Bibelriether, H. (1968): Die Wurzeln der Waldbäume – Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 284 Seiten
- Polomski, J.; Kuhn, N. (1998): Wurzelsysteme, Verlag Paul Haupt, Bern, 290 Seiten
- Roloff, A.; Römer, H.-P- (1989): Beziehungen zwischen Krone und Wurzel bei der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.), Allg. Forst- u. J.-Ztg. 160. Jg, 9/10
- Schreiner, M.; Aldinger, E.; Bantle, P. (1996): Standort und Sturmwurf 1990 - dargestellt am Östlichen Odenwald und Nordöstlichen Schwarzwald -, Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung 38, Seiten 27-36

## **Anhang:**

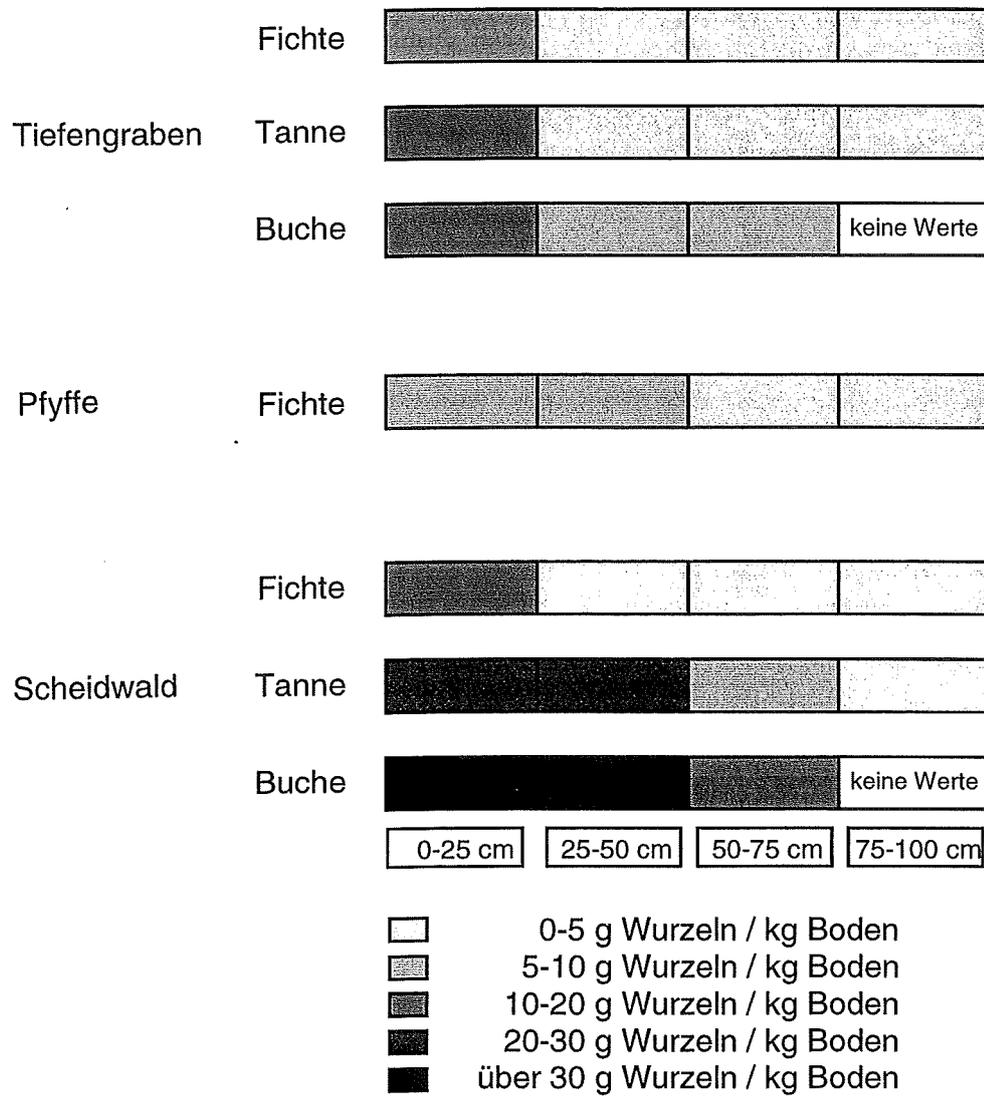
- Abb. 1: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart und Standort
- Tab. 1: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart, Standort und Wurzelklasse
- Abb. 2: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart, Standort und Wurzelklasse

WSL, 12.9.2000

O. Hitz (Praktikant Abt. VI, ETHZ)  
P. Lüscher

Anhang

**Abb. 1: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart und Standort**



Tiefe	Tiefengraben			Pfyffe	Scheidwald		
	Fichte	Tanne	Buche	Fichte	Fichte	Tanne	Buche
<b>0-25 cm</b>	10.62	19.74	16.45	5.14	17.81	22.74	30.11
<b>25-50 cm</b>	0.91	3.19	9.79	7.83	2.58	25.87	56.01
<b>50-75 cm</b>	1.84	2.28	5.82	0.69	1.86	7.08	12.23
<b>75-100 cm</b>	0.05	2.29		0.27	1.68	2.48	

g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)

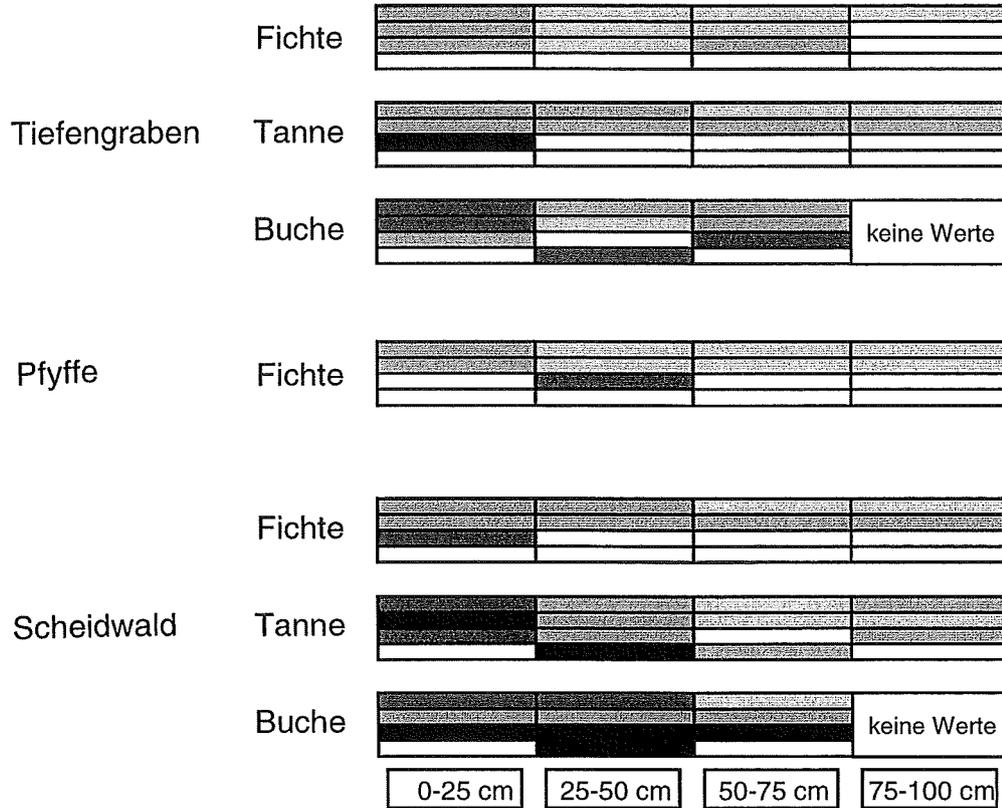
Anhang

**Tab. 1: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart, Standort und Wurzelklasse**

<b>Tiefengraben Fichte</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		4,89	0,29	0,23	0,05
Grob (0.5-2cm)		1,86	0,06	0,31	0,00
Derb (2-5cm)		3,87	0,55	1,30	0,00
Stark (> 5cm)		0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Tiefengraben Tanne</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		3,33	1,31	0,35	0,39
Grob (0.5-2cm)		4,67	1,88	1,94	1,91
Derb (2-5cm)		11,73	0,00	0,00	0,00
Stark (> 5cm)		0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Tiefengraben Buche</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		5,08	1,23	1,22	
Grob (0.5-2cm)		8,85	0,81	2,57	
Derb (2-5cm)		2,53	0,00	5,52	
Stark (> 5cm)		0,00	9,14	0,00	
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Pfaffe Fichte</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		4,13	0,63	0,40	0,03
Grob (0.5-2cm)		1,01	0,83	0,29	0,51
Derb (2-5cm)		0,00	6,37	0,00	0,00
Stark (> 5cm)		0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Scheidwald Fichte</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		3,99	1,46	0,31	0,77
Grob (0.5-2cm)		4,94	1,12	2,01	1,47
Derb (2-5cm)		8,88	0,00	0,00	0,00
Stark (> 5cm)		0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Scheidwald Tanne</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		5,81	1,16	0,50	1,12
Grob (0.5-2cm)		10,39	1,17	0,57	0,64
Derb (2-5cm)		6,55	1,05	0,00	2,37
Stark (> 5cm)		0,00	18,70	4,18	0,00
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			
<b>Scheidwald Buche</b>	<b>Tiefe (cm)</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>50-75</b>	<b>75-100</b>
Schwach, Fein (0.0-0.5cm)		5,33	5,14	0,66	
Grob (0.5-2cm)		3,77	2,10	3,53	
Derb (2-5cm)		21,00	23,07	20,28	
Stark (> 5cm)		0,00	25,70	0,00	
		<b>g Wurzeln / kg Boden (Trockengewicht 60°C)</b>			

## Anhang

**Abb. 2: Durchschnittliche Tiefenverteilung der Wurzelmasse pro Baumart, Standort und Wurzelklasse**



- 0-1 g Wurzeln / kg Boden
- 1-5 g Wurzeln / kg Boden
- 5-10 g Wurzeln / kg Boden
- 10-20 g Wurzeln / kg Boden
- über 20 g Wurzeln / kg Boden

### Wurzelklassen:

- Schwach, Fein (0.0-0.5cm)
- Grob (0.5-2cm)
- Derb (2-5cm)
- Stark (> 5cm)

## KOMMENTAR ZU DEN JAHRRINGMESSUNGEN:

### Vorbemerkung:

Die Jahrringuntersuchungen im Gurnigel anlässlich der GWG-Tagung 2000 hatten zum Ziel, die Jahrringanalyse als ergänzendes Arbeitsinstrument für waldbauliche, standortkundliche oder ganz allgemein waldökologische Fragestellungen in den einzelnen Objekten vorzustellen.

Um die Schäden, verursacht durch die Bohrkernentnahmen an den beprobten Beständen möglichst gering zu halten, wurde pro Baum jeweils nur 1 Bohrkern entnommen (anstatt üblicherweise 3) und es wurde nur eine kleine Anzahl Bäume beprobt. Die Resultate können daher keinesfalls als repräsentativ für die beprobten Bestände gelten. Dennoch sind sie aber durchaus geeignet, um gewisse Tendenzen aufzuzeigen.

Da die Bäume auf Brusthöhe gebohrt wurden und die Bohrung nicht immer ins Mark traf, sind die Altersbestimmungen mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet.

## Resultate

### 1. Standort „Grönegg“ (Parcour):

Die Bäume sind alle gleichzeitig, im Zeitraum 1910 bis 1925 aufgewachsen. Der Wachstumsverlauf deutet auf gute Lichtverhältnisse zu Wachstumsbeginn hin. Der Bestand dürfte nach Kahlschlag oder plötzlicher Aufgabe von Beweidung entstanden sein. Der stark unterschiedliche Wachstumsverlauf nach 1950 ist auf die zunehmende bestandesinterne Konkurrenz zurückzuführen.

### 2. Standort „Chaltweh“:

Altersstruktur und der Wachstumsverlauf der Fichten weisen, im Gegensatz etwa zum Standort „Pfyffe“, nicht auf eine Aufforstung hin: Die Bäume sind im Verlaufe einer langen Zeitperiode, zwischen 1860 und 1940, angesamt. Das bescheidene Jugendwachstum der beiden ältesten Bäume deutet **nicht** auf offene Waldstrukturen hin – die Bäume sind vermutlich im Halbschatten aufgewachsen. Die beiden Bäume, die um 1940 ansamten zeigen hingegen sehr grosse Zuwächse – Sie dürften wesentlich bessere Lichtbedingungen gehabt haben.

Eine andere oder zusätzliche Erklärung für das stark unterschiedliche Jahrringwachstum der einzelnen Bäume könnten die verschiedenen Mikrostandorte wie Kuppen und Mulden sein, welche sehr typisch für subalpine Lagen sind.

### 3. Standort „Tiefengrabe“:

*Einzelkurven* – Die Tannen, Fichten und Buchen sind gleichzeitig, zwischen 1870 und 1880 aufgewachsen. Der Wachstumsverlauf der einzelnen Bäume ist vor allem in der Jugendphase vergleichbar und deutet darauf hin, dass alle Bäume ähnliche Wachstumsbedingungen hatten: Aufwuchs auf einer Freifläche, z.B. nach Kahlschlag.

*Mittelkurven* - Die Tanne ist auf diesem Standort (Mulde), bezüglich Wuchskraft sichtlich überlegen. Sie scheint mit den nassen Bodenverhältnissen am besten fertig zu werden. Tanne und Buche weisen seit 1920 einen zunehmenden Wachstumstrend auf – ihre Wachstumsleistungen sind heute deutlich höher als anfangs des 20. Jahrhunderts. Geht man davon aus, dass das überirdische Baumwachstum und das Wurzelwachstum korreliert sind, dann befindet sich das Wurzelsystem also noch im Ausbau. Diese Hypothese müsste überprüft werden.

Die klimatisch sehr trockenen 40er und 70er Jahre haben vor allem bei der Fichte Spuren hinterlassen: das Wachstum wurde in diesen Phasen deutlich reduziert. Die Fichte weist im Gegensatz zu Tanne und Buche ein eher oberflächliches Wurzelwachstum auf und reagiert darum empfindlich auf eine Austrocknung des Oberbodens.

#### **4. Standort „Pfyffe“:**

Der Bestand dürfte etwa zur gleichen Zeit und unter vergleichbaren Umständen wie der Bestand am Standort „Parcour“ aufgewachsen sein.

Um das Wachstum an den verschiedenen Kleinstandorten (Hang, Kuppe, Mulde) beurteilen zu können, wurden nur die letzten 20 Jahre beurteilt. Die beiden Bäume auf den trockneren Kleinstandorten (Hang, Kuppe) zeigen höhere Wachstumsleistungen als die Bäume auf dem vernässten Teilstandort Mulde, wo der Wurzelraum durch Vernässung stark eingeschränkt ist. Das vergleichsweise gute Wachstum von Baum Nr. 4 könnte mit individuell verbesserten Wachstumsbedingungen nach 1985 in Zusammenhang stehen (Konkurrenz).

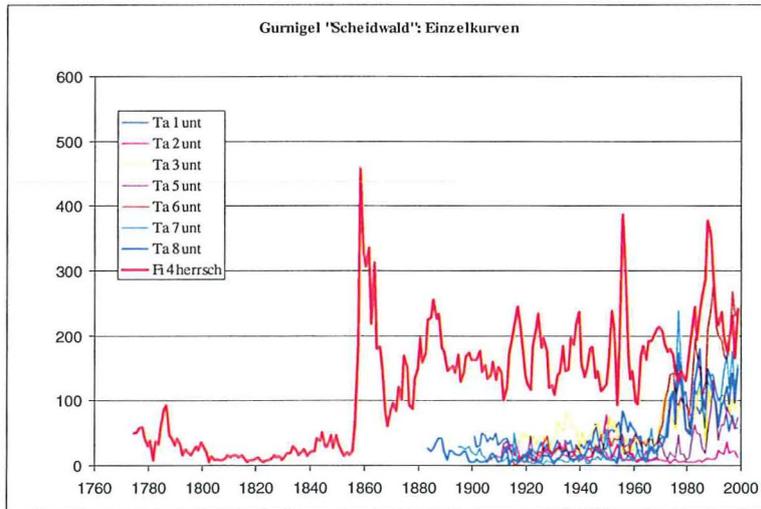
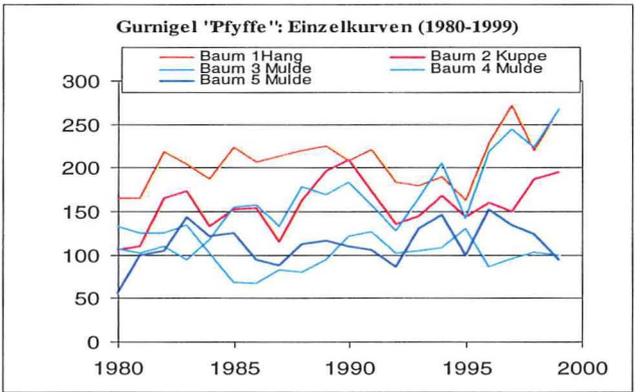
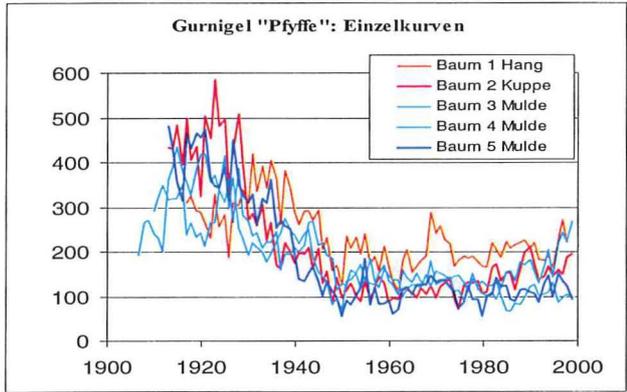
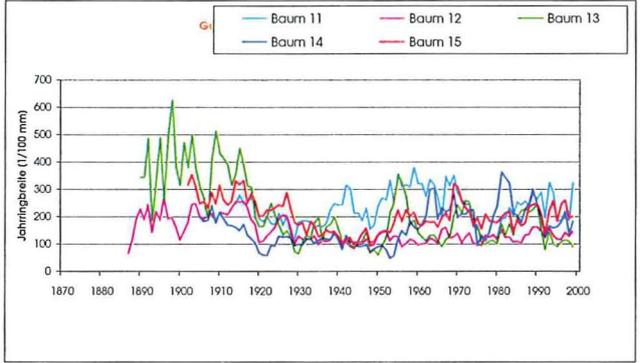
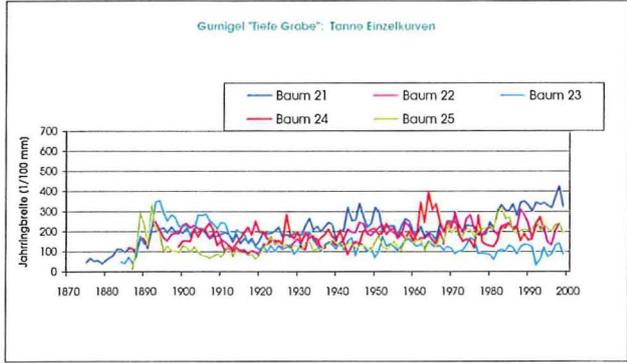
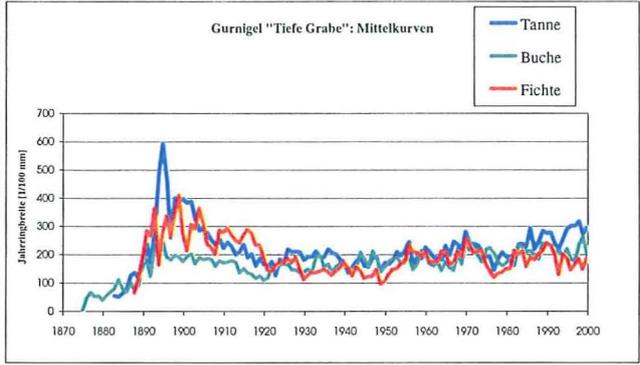
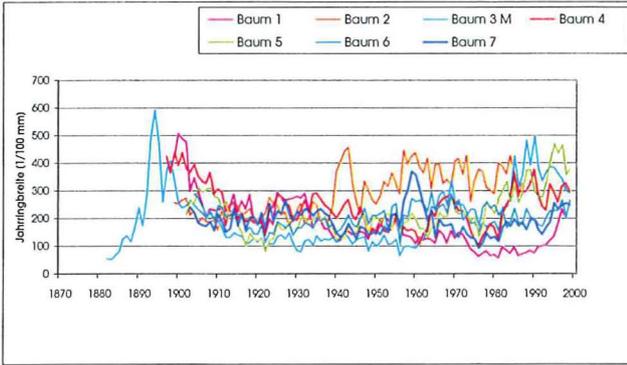
#### **5. Standort „Scheidwald“:**

Alter und Wachstumsverlauf der heute herrschenden Fichte Nr. 4 deutet darauf hin, dass dieser Bestand schon mindestens seit 230 Jahren stufige Strukturen aufweist. Die ersten Jahrzehnte ihres Lebens musste diese Fichte im Schatten anderer Bäume mit wenig Licht auskommen – das Wachstum in dieser Phase ist vergleichbar mit demjenigen der aktuell unterdrückten Weisstannen. Ab 1858, im zarten Alter von etwa 90 Jahren, konnte sie das Jahrringwachstum schlagartig vervielfachen, was auf stark verbesserte Lichtverhältnisse zurückzuführen sein dürfte.

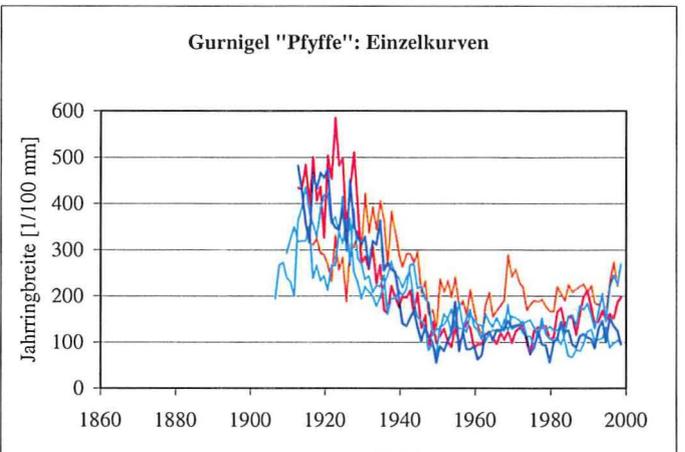
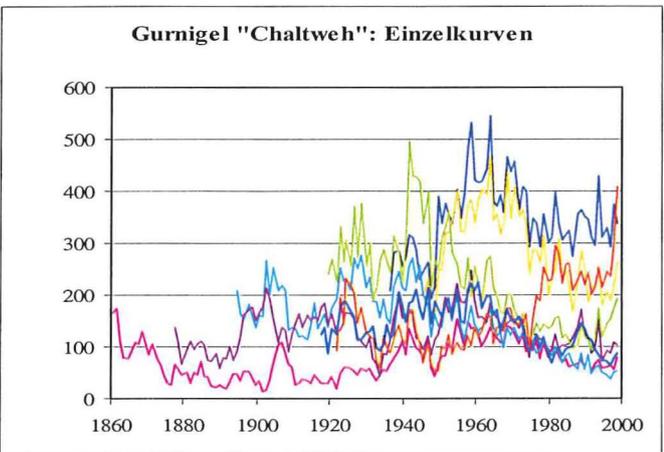
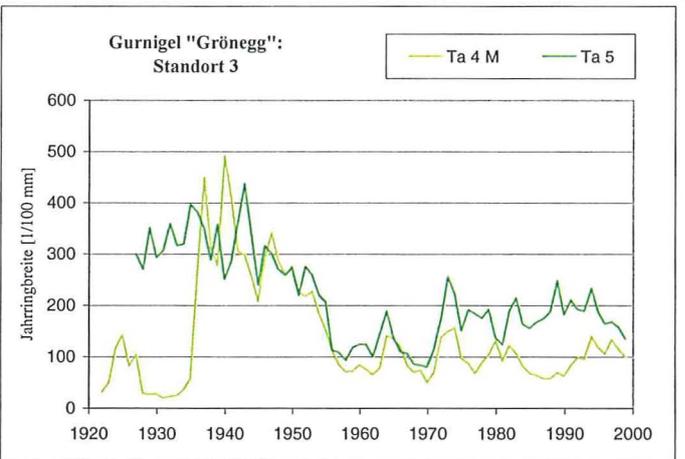
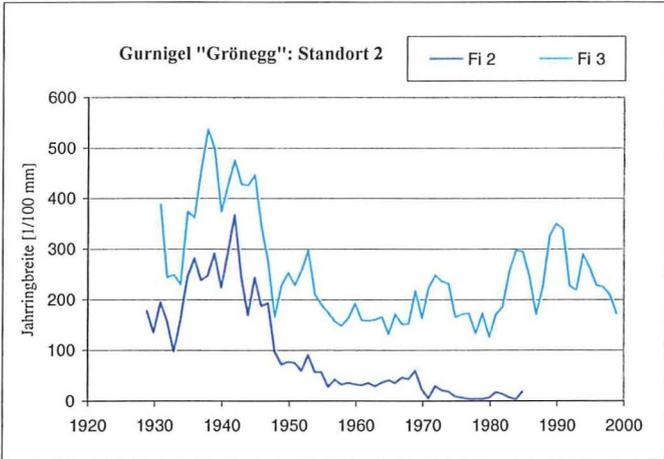
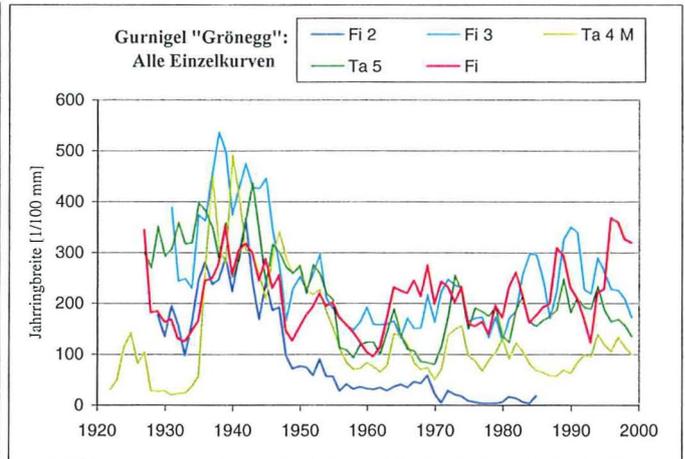
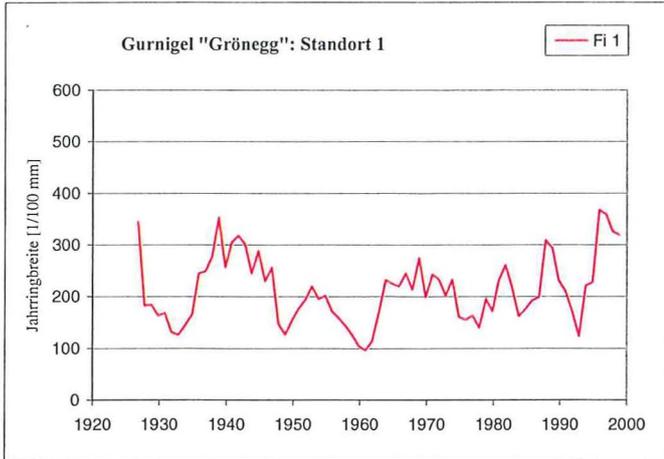
Die unterdrückten Weisstannen sind alle älter als 80 Jahre. Hier stellt sich die Frage warum die Verjüngung grösstenteils fehlt und ob die nur sehr spärlich vorhandene Verjüngung (< 80 Jahre) ausreicht um die Bestandstruktur langfristig zu erhalten.

Ab 1970 ist ein deutlicher Anstieg des Durchmesserwachstums zu beobachten, welcher vermutlich auf eine Durchforstung zurückzuführen ist. Einige vermoderte Wurzelstöcke in der näheren Umgebung scheinen dies zu bestätigen.

## Jahringmessungen Tagungsobjekte



# Jahringmessungen Parcours



## Bemerkungen zu den Bodenverhältnissen in den Objekten des Gebirgswaldpflegekurses 2000 (Gantrisch, Kt. BE)

Nach der Bodeneignungskarte der Schweiz (1:200 000) kann das Gebiet mit den einzelnen Objekten den folgenden **Kartierungseinheiten** zugeteilt werden:

### **S** alpine Flysch-Berglandschaft

**S 4** Südhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %

**S 5** steile Südhänge (unter 1500 m), Hangneigung > 35 %

**S 6** Nordhänge (unter 1500 m), Hangneigung < 35 %

**S 7** steile Nordhänge (unter 1500 m), Hangneigung > 35 %

**S 8** Mulden

Diese Kartierungseinheiten lassen die folgenden **Bodentypen** zu:

Unterschiedlich gründige **Rohböden aus Locker-**, vereinzelt aus **Festgestein** (nährstoffreich, z.T. karbonathaltig und vernässt) ---> **Regosole saure, nährstoffreiche Braunerden**, örtlich podsoliert, wenn feinkörnig z.T. vernässt), **humus- und nährstoffreiche Nassböden**, vereinzelt in Mulden **organische Böden**

Gesamtschweizerische Anteile dieser Kartierungseinheiten unter Wald:  
(gemessen an den darin enthaltenen Stichproben des Landesforstinventars)

**S** total CH 1 374 Stichproben oder rund 12 % (100 % = 11 863 LFI- Stichproben) nur Kt. BE: 205 SP oder ebenfalls rund 12 % (100 % = 1 750 SP)

**S 4** 88 SP Kt. BE: 16 **S 5** 330 SP Kt. BE: 36 **S 6** 163 SP Kt. BE: 30

**S 7** 671 SP Kt. BE: 98 **S 8** 13 SP Kt. BE: 3

Die einzelnen Objekte könne den folgenden - in der Flyschzone weit verbreiteten - Waldgesellschaften (**Waldstandortstypen\***) zugeordnet werden:

Abieti-Fagetum typicum, Typischer Tannen-Buchenwald	E&K Nr. 18
Bazzanio-Abieteti-Piceetum, Plateau Tannen-Fichtenwald	E&K Nr. 46
Equiseto-Abietetum, Schachtelhalm-Tannenmischwald	E&K Nr. 49
Adenostylo-Abietetum, Hochstauden-Tannenmischwald	E&K Nr. 50
Sphagno-Piceetum typicum, Typischer Torfmoos-Fichtenwald	E&K Nr. 56
Sphagno- Piceetum calamagrostietosum villosae, Torfmoos-Fichtenwald mit Landschilf	E&K Nr. 57

\* vgl. Unterlagen zu den einzelnen Objekten bzw. Gruppenarbeiten

## Profilübersicht

Es wurden in den einzelnen Objekten und für den Parcours insgesamt 14 Profile geöffnet, die hier zusammengefasst mit einzelnen Daten (pH-Werte, Dichte und Porosität E) zur Darstellung gelangen.

### Objekt Tiefengraben

Profile Tg 1 & 2
------------------

<b>Bodenprofil 1</b>	<b>L</b>	<b>[F]</b>	<b>Ah</b>	<b>(Go)A</b>	<b>(A)Go(r)</b>	<b>(A)/Go,r</b>	<b>CcaGr</b>
Tiefe (cm)	3	1	0 - 12	12 - 25	25 - 50	50 - 65	> 65
Mulde pH (CaCl <sub>2</sub> )			4.1	4.7	6.4	6.8	7.3
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )			0.83	1.13	1.36		
E (x100 = % <sub>v</sub> )			0.68	0.58	0.51		
Kalkgrenze: 65 cm							

**Mull Hanggley**

<b>Bodenprofil 2</b>	<b>L</b>	<b>[F]</b>	<b>Ahh</b>	<b>Ah</b>	<b>A/(S)B</b>	<b>Ah,b</b>	<b>CSB</b>	<b>(S)Cca</b>
Tiefe (cm)	2	1	0-1.5	1.5-7	7 - 35	35 - 50	50 - 65	> 65
Kuppe pH			3.7	3.6	3.7	3.6	4.5	7.5
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )				0.74	0.87			
E (x100 = % <sub>v</sub> )				0.71	0.67			
Kalkgrenze: 65 cm								

**Moder schwach vernässte Braunerde**

### Objekt Pfyffe

Profile Pf 3 - 5
------------------

<b>Bodenprofil 3</b>	<b>L</b>	<b>F</b>	<b>Ahh</b>	<b>Ah</b>	<b>(Go)A</b>	<b>(B)Go</b>	<b>Go(r)</b>	<b>Go/r</b>	<b>Gr</b>
Tiefe (cm)	7	1	0-1	1-4	4 - 20	20 - 40	40 - 70	70 - 100	>100
Hang pH (CaCl <sub>2</sub> )			3.1	3.2	3.6	3.8	4.0	4.0	4.3
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )				0.85				1.68	
E (x100 = % <sub>v</sub> )				0.67				0.38	

**Moder Hanggley, bis 40 cm schwach verbraunt**

<b>Bodenprofil 4</b>		<b>L</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>Ah(h)</b>	<b>Ah</b>	<b>A/SBv</b>	<b>A/SB</b>	<b>SCB</b>
Tiefe (cm)	3		3	1	0 - 1	1 - 9	9 - 40	40 - 80	> 80
Kuppe pH (CaCl <sub>2</sub> )				2.6	2.9	3.2	3.7	4.1	4.2
Wegbö. Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )						1.07		1.15	
E (x100 = % <sub>v</sub> )						0.59		0.57	
<b>Rohhumus</b>			<b>Braunerde, pseudovergleyt</b>						

<b>Bodenprofil 5</b>		<b>L</b>	<b>[F]</b>	<b>Ah(h)</b>	<b>(Go)Ah</b>	<b>(A)Go(r)</b>	<b>Go/r</b>	<b>Gr</b>
Tiefe (cm)	2		1	0 - 6	6 - 25	25 - 35	35 - 60	>60
Mulde pH (CaCl <sub>2</sub> )				3.2	4.2	4.3	4.5	5.0
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )					0.71	1.02		
E (x100 = % <sub>v</sub> )					0.72	0.61		
<b>moderartiger Mull</b>			<b>Hanggley</b>					

**Objekt unter Scheidwald**

Profile uS 6 /7

(BE/FR Nr. 5001 und 5005)

<b>Bodenprofil 6</b>		<b>L</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>(Ah)</b>	<b>E</b>	<b>(E)Bh</b>	<b>(Go)Bfe</b>	<b>Go</b>	<b>Gr,ca</b>
5001 Tiefe (cm)			2	2	0 - 2	2-4	4 - 15	15 - 30	30-55	> 55
Kuppe pH (CaCl <sub>2</sub> )						3.15	3.34	3.77	4.64	7.09
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )						1.04		1.0	1.31	1.38
E (x100 = % <sub>v</sub> )						0.61		0.64	0.53	0.51
Kalkgrenze: 80 cm										
<b>Rohhumus</b>			<b>podsolierter Gley</b>							

<b>Bodenprofil 7</b>		<b>Ah(a)</b>	<b>AGo/r</b>	<b>Gr,ca</b>
5005 Tiefe (cm)		0 - 18	18 - 40	> 40
Mulde pH (CaCl <sub>2</sub> )		5.4	5.47	6.41
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )		1.04	1.0	1.31 1.38
E (x100 = % <sub>v</sub> )		0.73	0.53	0.51 0.52
Kalkgrenze: 60 cm				
<b>Hydro-Mull</b>		<b>Hanggley</b>		

**Parcours**

**Profile Pa 8 - 14**

<b>Bodenprofil 8</b>	<b>L</b>	<b>F</b>	<b>Ah(h)</b>	<b>(B)A</b>	<b>Go</b>	<b>Go/r</b>	<b>CGr</b>
(9) Tiefe (cm)	2	2	0 - 2	2 - 20	20 - 60	60 - 80	> 80
Fi fl. pH (CaCl <sub>2</sub> )			3.2	3.7	4.0	4.2	5.8
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )				0.71	1.26		
E (x100 = % <sub>v</sub> )				0.72	0.53		

**mullartiger Moder Hanggley**

<b>Bodenprofil 9</b>	<b>L</b>	<b>F</b>	<b>Ahh</b>	<b>Ah</b>	<b>B</b>	<b>(Go)B</b>	<b>(B)Go(r)</b>	<b>Go/r</b>	<b>G(o)r</b>
(6) Tiefe (cm)	3	1	0 - 1	1 - 4	4-30	30-60	60-75	75-110	> 110
Fi. gr. pH (CaCl <sub>2</sub> )			3.1	3.3	3.9	3.9	3.9	4.0	4.2
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )					0.77			1.24	
E (x100 = % <sub>v</sub> )					0.69			0.54	

**mullartiger Moder Braunerde vergleyt (über Hanggley ab 60 cm)**

<b>Bodenprofil 10</b>	<b>L</b>	<b>[F]</b>	<b>Ah1</b>	<b>Ah2</b>	<b>(A)/Go</b>	<b>Go/r</b>	<b>CG(o)r</b>	<b>CGr</b>
(7) Tiefe (cm)	2	1	0-1.5	1.5-8	8 - 30	30-50	50-70	> 70
Ta pH (CaCl <sub>2</sub> )			3.4	3.5	3.9	4.3	5.4	6.1

**mullartiger Moder Hanggley (mit "Hang"-Wasserspiegel)**

<b>Bodenprofil 11</b>	<b>L</b>	<b>Ah1</b>	<b>Ah2</b>	<b>(A)/Go</b>	<b>Go</b>	<b>Go/r</b>	<b>CGr</b>
(8) Tiefe (cm)	2	0-1	1 - 10	10 - 30	30-50	50 - 80	> 80
Ta pH (CaCl <sub>2</sub> )		3.6	3.7	3.8	3.9	4.2	4.9
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )			0.73			1.38	
E (x100 = % <sub>v</sub> )			0.71			0,50	

**typischer Mull Hanggley**

**Grönegg 6 (Aufforstung 60 jährig)**

<b>Bodenprofil 12</b>	<b>[L]</b>	<b>Ah1</b>	<b>Ah2</b>	<b>(A)Go</b>	<b>Go(r)</b>	<b>CGr</b>	<b>GrC</b>
Tiefe (cm)		0 - 3	3 - 25	25 - 30	30 - 60	60-100	> 100
pH (CaCl <sub>2</sub> )		4.2	4.1	4.1	3.9	3.8	4.5
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )		0.63	1.03		1.32	1.35	1.38
E (x100 = % <sub>v</sub> )		0.75	0.61		0.51	0.49	0.48

**Mull Hanggley**

**Grönegg 7 (Aufforstung 20 jährig)**

<b>Bodenprofil 13</b>	<b>L</b>	<b>Ah</b>	<b>AG(o)r</b>	<b>G(o)r</b>	<b>CG(o)r</b>
Tiefe (cm)		0 - 10	10 - 15	15 - 40	> 40
pH (CaCl <sub>2</sub> )		3.6	3.7	4.1	4.3
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )		0.7	0.94	1.27	1.38
E (x100 = % <sub>v</sub> )		0.72	0.64	0.53	0.49

**Mull** **Hanggley**

**Demonstrationsobjekt Chaltweh (BE/FR Nr. 5045)**

<b>Bodenprofil 14</b>	<b>L</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>EA</b>	<b>Bh</b>	<b>Bfe</b>	<b>Sw</b>	<b>Sd</b>	<b>SdC</b>
Tiefe (cm)		3	12	0-2	2-7	7-17	17-75	75-125	> 125
pH (CaCl <sub>2</sub> )				3.1	3.2	3.5	3.6	3.9	4.4
Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )				0.77		1.08	1.2	1.2	1.37
E (x100 = % <sub>v</sub> )				0.71		0.61	0.57	0.56	0.5

**Rohhumus** **podsolierter Pseudogley**

**Quellen**

Ott, E., Frehner, M., Frey, H-U. und Lüscher, P.; 1997: Gebirgsnadelwälder. Haupt Verlag, Bern.

Richard, F. und Lüscher, P.; 1987: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Bd. 4. Sonderserie Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

Wasser, B. und Frehner, M.; 1996: Wegleitung Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion. BUWAL, Bern.

Wasser, B., Zürcher, K. und Lüscher, P.; 2000: Flyschprojekt, Teilprojekt 1: Standortcharakteristiken, Schlussbericht. BUWAL, Bern.

ARGE Kaumfann & Partner, Burger & Stocker und Forstliche Bodenkunde WSL, 1996: Standortkundlicher Kartierungsschlüssel für die Wälder der Kantone Bern und Freiburg. Kommentar und Anwenderschlüssel

EDMZ, 1980: Bodeneignungskarte der Schweiz, Massstab 1:200 000

**Anhang**

Vergleichende Standortsbeurteilung aus bodenkundlicher Sicht im Humus / Oberboden

Vergleichende Standortsbeurteilung aus bodenkundlicher Sicht im Wurzelraum

# Vergleichende Standortsbeurteilung aus bodenkundlicher Sicht im HUMUS/OBERBODEN

Zusammenstellung der Felddaufnahmen in den einzelnen Objekten, inkl. Parcours

**Oekogramm:** Biologische Bodenaktivität (Nährstoffumsetzung)  
 Prädikat: **schlecht** **mässig** (gehemmt z.T. infolge einseitiger Streu, Säure, Nässe...) **optimal** **sehr gut**

**Typogramm:** Profildifferenzierung (Horizontenfolge der organischen Auflage) zunehmend erkennbar  
 (Horizonte: L-F-H-Ah (**Rohhumus**) L-F-Ah (**Moder**) <----- L-Ah (**Mull**)  
 schlechte Vermischung mit der Mineralerde gute Gefügebildung (Krümelung)

Tiefe Ah ↓	5 cm	uS 6 (Ah) Pa 14 EA Pf 3 Pf 4 3.2 3.2 Ahh Ah Ah(h) Ah	Tg 2 3.7 Ahh Ah	Pa 9 3.6 Ahh Ah	Pa 11 3.7
10 cm			Pa 13 3.6 Ah	Pa 10 3.6 Ah1 Ah2	Ah1,2 Pa 8 3.7 (B)A
15 cm					Tg 1 4.1 Ah Pf 5 3.8-4.2 (Go)Ah
20 cm					uS 7 Pa 12 5.4 4.1 Ah(a) Ah1 Ah2
25 cm					
30 cm					

CaCl<sub>2</sub> 2.8 3.5  
 Säuregrad extrem sauer >|< stark sauer  
 Auswaschungstendenz (E)

4.0 6.0 7.0  
 stark sauer >|< mässig sauer >|< neutral  
 aktivere, tiefgründigere Durchmischung

**Objekte** Tg: Tiefengraben, Pf: Pfyffe  
 uS: unter Scheidwald, Pa: Parcours

Legende: Profil Nr.  
 pH-Werte  
 Horizonte

# Vergleichende Standortsbeurteilung aus bodenkundlicher Sicht im WURZELRAUM

Zusammenstellung der Felddaten in den einzelnen Objekten, inkl. Parcours

**Oekogramm:** Wasserspeichervermögen, Nährstoffspeichervermögen (Tonanteile, Gefügebildung, Skelett)  
Tiefenangaben im cm

**Typogramm:** Bodenentwicklung (Verwitterungszustand, Farbe, Feinerde, Skelettanteil)  
Horizontenfolge: Ah-AC-C (roh) Ah-B-BC-C (verwittert) Ah-AE-Bh/fe-BC-C (podsoliert)

HW/NW

<b>Wasser- durch- lässigkeit</b>	normal durchlässig	<b>Pa 12&amp;13</b> 4.0 G	<b>Pa 10&amp;11</b> 3.9/4.3 G	<b>Pa 8</b> 3.7/4.0 G	<b>Pa 9</b> 3.9 (GoB)	<b>Tg 2</b> 3.6/4.5 SB (65)	<b>Pf 4</b> 3.7/4.1 A/SBv	<b>uS 6</b> 3.8/4.6 (Go)Bfe (80 cm)	<b>Pa 14</b> 3.5/3.9 S
	schwach gehemmt	<b>uS 7</b> 5.5 (60) AGo/r	<b>Pf 5</b> 4.2/4.3 (A)Go	<b>Pf 3</b> 3.8/4.0 (B)Go					
	gehemmt durchlässig		<b>Tg 1</b> 4.7/6.4 G						

Säuregrad im

Untergrund: extrem-stark sauer    neutral-mässig sauer    sauer    mässig sauer    stark sauer

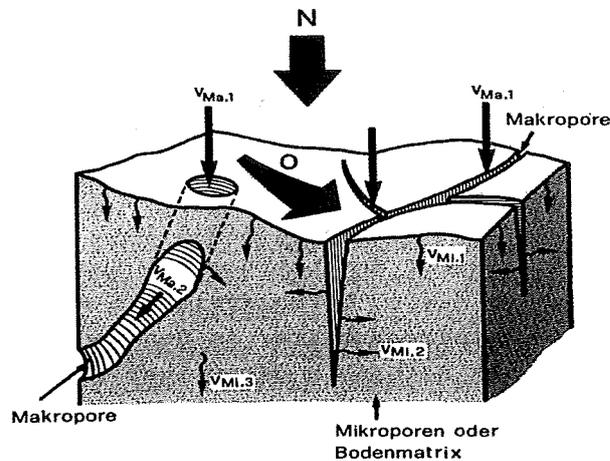
**Objekte:** Tg: Tiefengraben, Pf: Pfyffe  
uS: unter Scheidwald, Pa Parcours

Legende: **Profil Nr.**  
pH-Werte (Haupt-, Nebenwurzelraum)  
Horizonte                    G = vernässt  
Tiefe Kalkgrenze (cm), wenn vorhanden

# Infiltrationsverhalten von Waldböden

P. GERMANN, Professor für Bodenkunde am Geographischen Institut der Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern, (031) 631 38 54 [germann@giub.unibe.ch](mailto:germann@giub.unibe.ch)

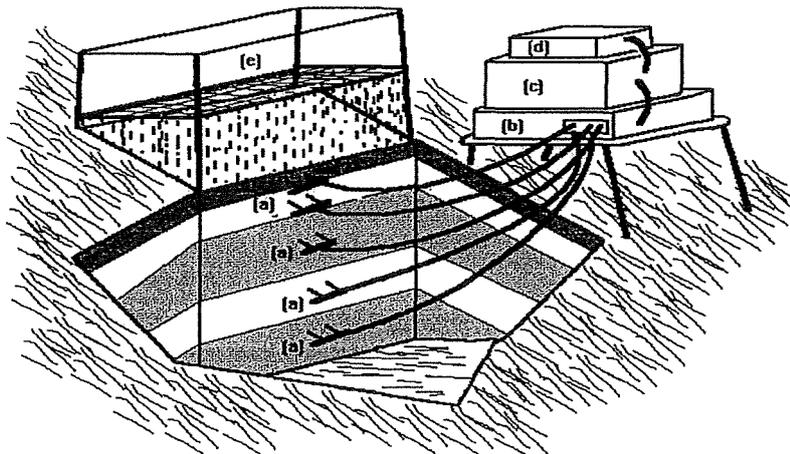
Die Poren eines Bodens können vereinfachend in zwei Kategorien aufgeteilt werden. Die *geogenen* Mikroporen sind die Hohlräume zwischen den Körnern des mineralischen Muttergesteins, deren Ausmass und Geometrie von der Korngrössen-verteilung und der Lagerungsdichte abhängen. Das Ausmass einer Struktureinheit der Mikroporen beträgt etwa das 2- bis 10-fache der Größtkörner der Feinerde, also im Bereich von Millimetern bis Zentimetern. Die *pedogenen* Makroporen entstanden durch das Wühlen der Bodentiere, das Eindringen von Wurzeln und durch Schwinden und Quellen infolge Frost und Trockenheit. Sie entwickelten sich gleichzeitig mit den übrigen Bodenmerkmalen. Typischerweise überwiegt die vertikale Ausdehnung und ihr Ausmass nimmt von der Oberfläche zur Tiefe ab. Das Ausmass ihrer Struktureinheit liegt im Profilbereich von Dezimetern bis Metern. Die Makroporen können allenfalls durch waldbauliche Massnahmen beeinflusst werden. Daher wird hier auf ihre hydrologische Wirkung näher eingegangen. **Abbildung 1** gibt einen schematischen Überblick.



N	Niederschläge ( $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1}$ )	
O	Oberflächenabfluss ( $\text{mm} \cdot \text{t}^{-1}$ )	
$v_{\text{Ma},1}$	Sickerung in die Makroporen	} bezogen auf die gesamte Bodenoberfläche ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$v_{\text{Ma},2}$	Sickerung in den Makroporen	
$v_{\text{Mi},1}$	Sickerung in die Mikroporen durch die Bodenoberfläche	( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$v_{\text{Mi},2}$	Sickerung von den Makroporen in die Mikroporen	( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$v_{\text{Mi},3}$	Sickerung in den Mikroporen oder der Bodenmatrix	( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )

**Abbildung 1:** Schematische Darstellung der Porenstruktur und der Flüsse bei einer Infiltration

Der relativ geringe Anteil der Makroporen am gesamten Bodenvolumen reicht von etwa 0.5% bis etwa 5%, maximal 10%. Sie können Wasser schnell aufnehmen und in die Tiefe leiten. Von ihnen gelangt Wasser auch in die Mikroporen, vor allem bei niedrigem Bodenwassergehalt  $\theta$ . Zur Quantifizierung der *Wasseraufnahme* wird die Oberfläche des Bodens berechnet. Mit der TDR-Technik wird die zeitliche Wasser-gehaltsänderung während und einige Stunden nach der Infiltration in den Boden-horizonten gemessen. (**Abbildung 2**).



Aufbau der Messanlage. a) Horizonte im Profil; b) Multiplexer c) TEKTRONIX cabletester; d) Datalogger; e) Berechnungsanlage

Abbildung 2: Messeinrichtung

In der **Abbildung 3** sind häufig beobachtete Muster von Wassergehaltsänderungen dargestellt. Aus der Differenz zwischen den Minima und den Maxima folgt die aktuelle Wasseraufnahmekapazität des entsprechenden Horizontes.

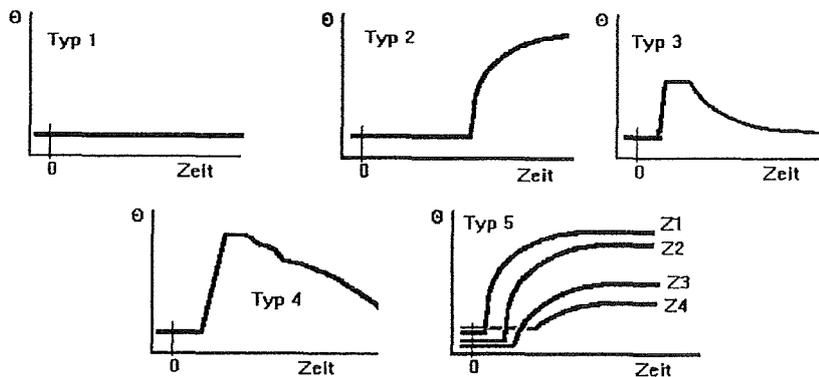


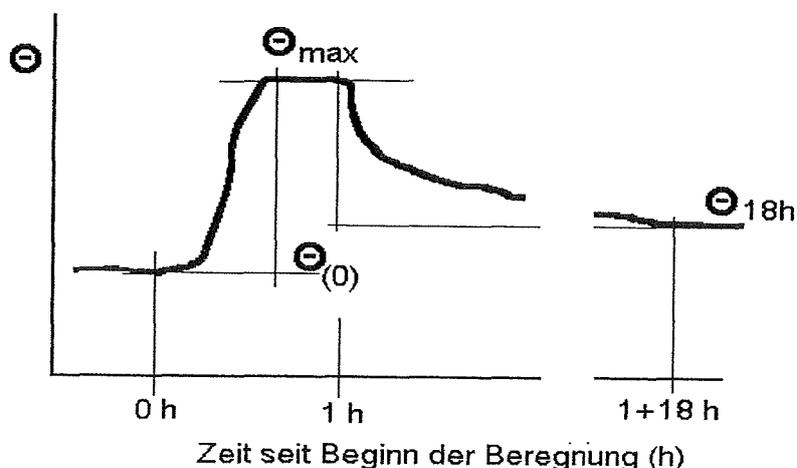
Abbildung 3: Muster von Wassergehaltsänderungen  $\theta(t)$ .

- Typ 1: Keine Ansprache: Sickerung wie vor der Beregnung
- Typ 2: Langsame Ansprache: Fluss in den Mikroporen
- Typ 3: Rasche Zunahme und konkave Abnahme: Makroporenfluss
- Typ 4: Rasche Zunahme, langsame, meist konvexe Abnahme: Makroporenfluss und Wasserstau am Ende der Makroporen (Pseudogley)
- Typ 5: Rasche Infiltration mit Wasseraufnahme in die Mikroporen (Zunahme der Bodentiefe von Z1 bis Z4)

Durch Multiplizieren dieser Differenz mit der Horizontmächtigkeit (in mm) erhält man die Wassermenge, welche vom gesamten Horizont aufgenommen werden kann. Durch Aufaddieren der Werte sämtlicher Horizonte erhält man die Wassermenge (in

mm) welche vom Bodenprofil kurzfristig aufgenommen werden kann, entsprechend der künstlichen Beregnung. Analog wird aus der Differenz zwischen dem Maximum und dem Wassergehalt nach 18

Stunden die Wasseraufnahmefähigkeit unmittelbar nach einem Niederschlag berechnet. Die **Abbildung 4** illustriert das Verfahren.



**Abbildung 4:** Auswertung von Typ 3 (Abb.3). Die *maximale Speicherung* ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Wassergehalt vor der Beregnung und ihrem Maximum während der Beregnung. Die maximale Drainage nach 18 h ist die Differenz zwischen dem Maximum und dem Wassergehalt, der sich 18 h nach Beendigung der Beregnung eingestellt hat. Das entsprechende Wasservolumen pro Flächeneinheit (in mm) ergibt sich aus der Multiplikation der Wassergehalte oder deren Differenzen mit der Mächtigkeit des entsprechenden Horizontes (ebenfalls in mm).

Aus dem *Typ 3* kann die Sickerleistung der Makroporen mit dem Modell der Kinematischen Wellen berechnet werden (GERMANN, 1999).

Beregnet wurde während einer Stunde mit einer Intensität von 60 mm/h. Diese Intensität entspricht einem für die nördlichen Voralpen typischen Stundenmaximum mit einer Wiederkehrperiode von 10 Jahren.

Aus den in den Abb. 5 bis 9 dargestellten gemessenen Wassergehalts-änderungen ergeben sich die folgenden Werte für die schnelle Wasseraufnahme (Berechnung gemäss Abb. 3 und 4) :

**Tabelle 1:** Maximale Speicherung, maximale Drainage nach 18 h nach der Beregnung, allfällige Makroporensickerung und Tiefenbereich der Makroporen

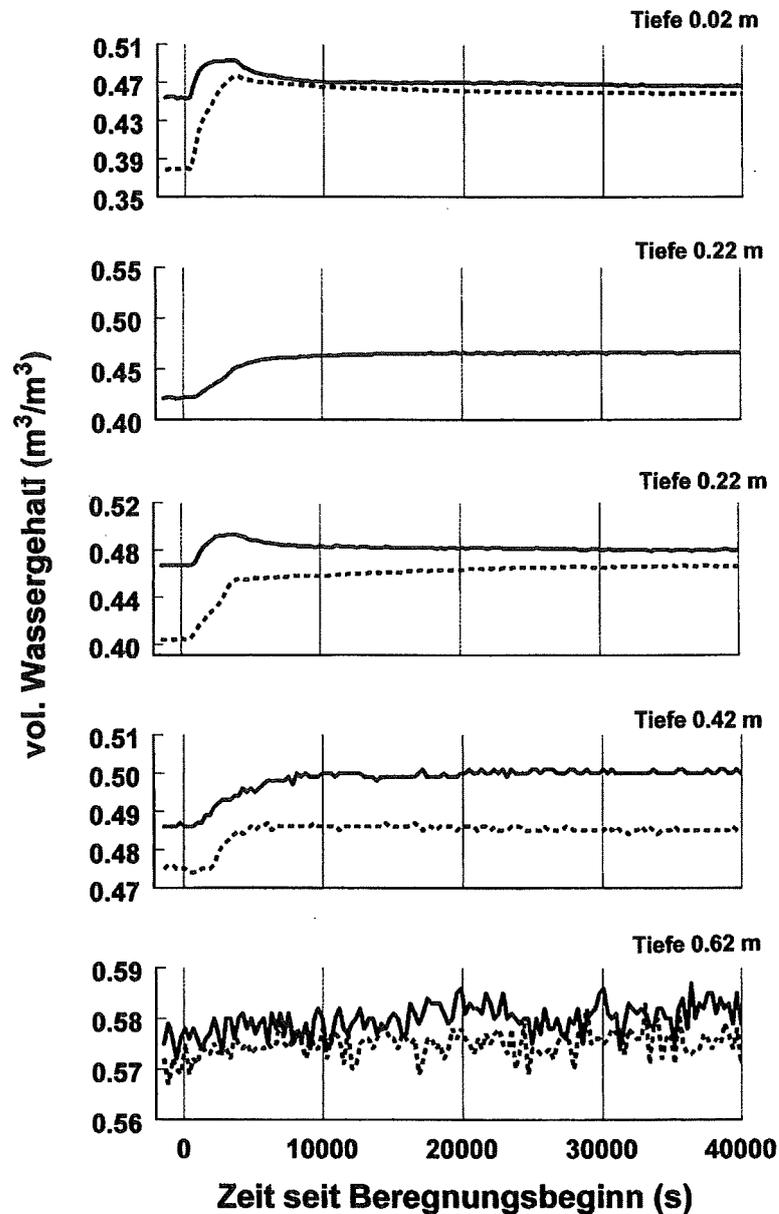
Standort	Maximale Speicherung (mm)	Max.Drainage nach 18 h (mm)	Sickerung (mm)	Tiefe der Makroporen (m)
Unter Scheidwald(Kuppe)	39	4	0	0.5
Unter Scheidwald (Mulde)	7	6	0	0.0
Chaltweh	6	4	0	0.7
Grönegg 6	24	2	0	0.7
Grönegg 7	13	6	0	0.2

Im Folgenden werden die Ergebnisse der fünf im Gebirgswaldpflegekurs behandelten Bodenprofile erläutert. In jeder Abbildung sind die Wassergehalts-änderungen als Folge von 2 bis 3 Beregnungen dargestellt. Insbesondere sind die schnellen Wassergehaltszunahmen bei geeigneter Bodenstruktur zu beachten, denn diese könnten durch geeignete waldbauliche Massnahmen gefördert werden.

#### Standort Unter Scheidwald - Kuppe:

Eine gehemmt durchlässige Schicht befindet sich zwischen 42 und 62 cm Tiefe, darüber ist das Makroporensystem gut entwickelt. Es kann innerhalb einer Stunde 40 mm Wasser aufnehmen. Wegen der undurchlässigen Schicht drainiert der Boden nur langsam und kann deshalb nach 18 h lediglich 4 mm aufnehmen

## Unter Scheidwald (Kuppe)

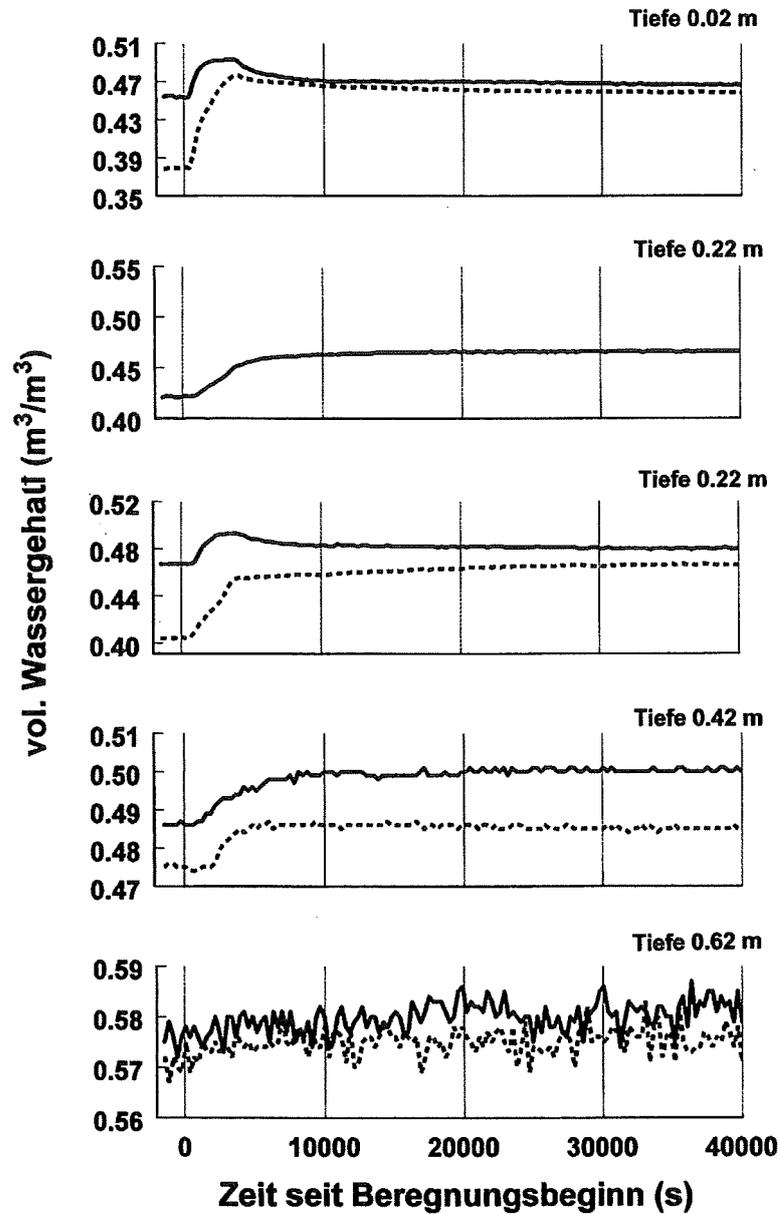


Im Folgenden werden die Ergebnisse der fünf im Gebirgswaldpflegekurs behandelten Bodenprofile erläutert. In jeder Abbildung sind die Wassergehalts-änderungen als Folge von 2 bis 3 Beregnungen dargestellt. Insbesondere sind die schnellen Wassergehaltszunahmen bei geeigneter Bodenstruktur zu beachten, denn diese könnten durch geeignete waldbauliche Massnahmen gefördert werden.

### Standort Unter Scheidwald - Kuppe:

Eine gehemmt durchlässige Schicht befindet sich zwischen 42 und 62 cm Tiefe, darüber ist das Makroporensystem gut entwickelt. Es kann innerhalb einer Stunde 40 mm Wasser aufnehmen. Wegen der undurchlässigen Schicht drainiert der Boden nur langsam und kann deshalb nach 18 h lediglich 4 mm aufnehmen

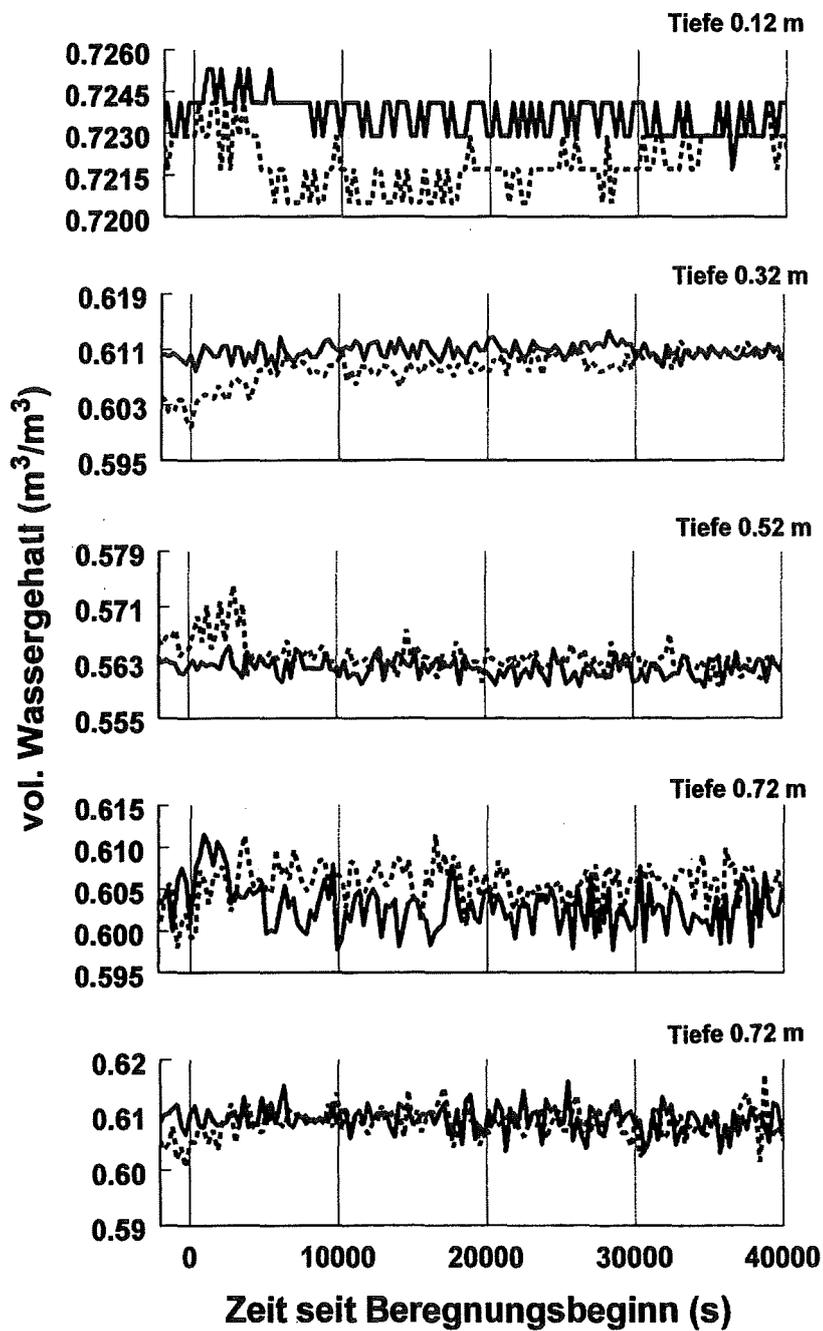
## Unter Scheidwald (Kuppe)



### Standort Unter Scheidwald - Mulde:

Das Profil ist dauernd praktisch gesättigt. (Man beachte die hohen Wassergehalte und die geringen Wassergehaltsänderungen im Bereich von etwa 1 %<sub>vol.</sub>) Dieser Nasstandort kann höchstens so viel Wasser aufnehmen, wie vor einem Niederschlag durch die Verdunstung aufgenommen wurde.

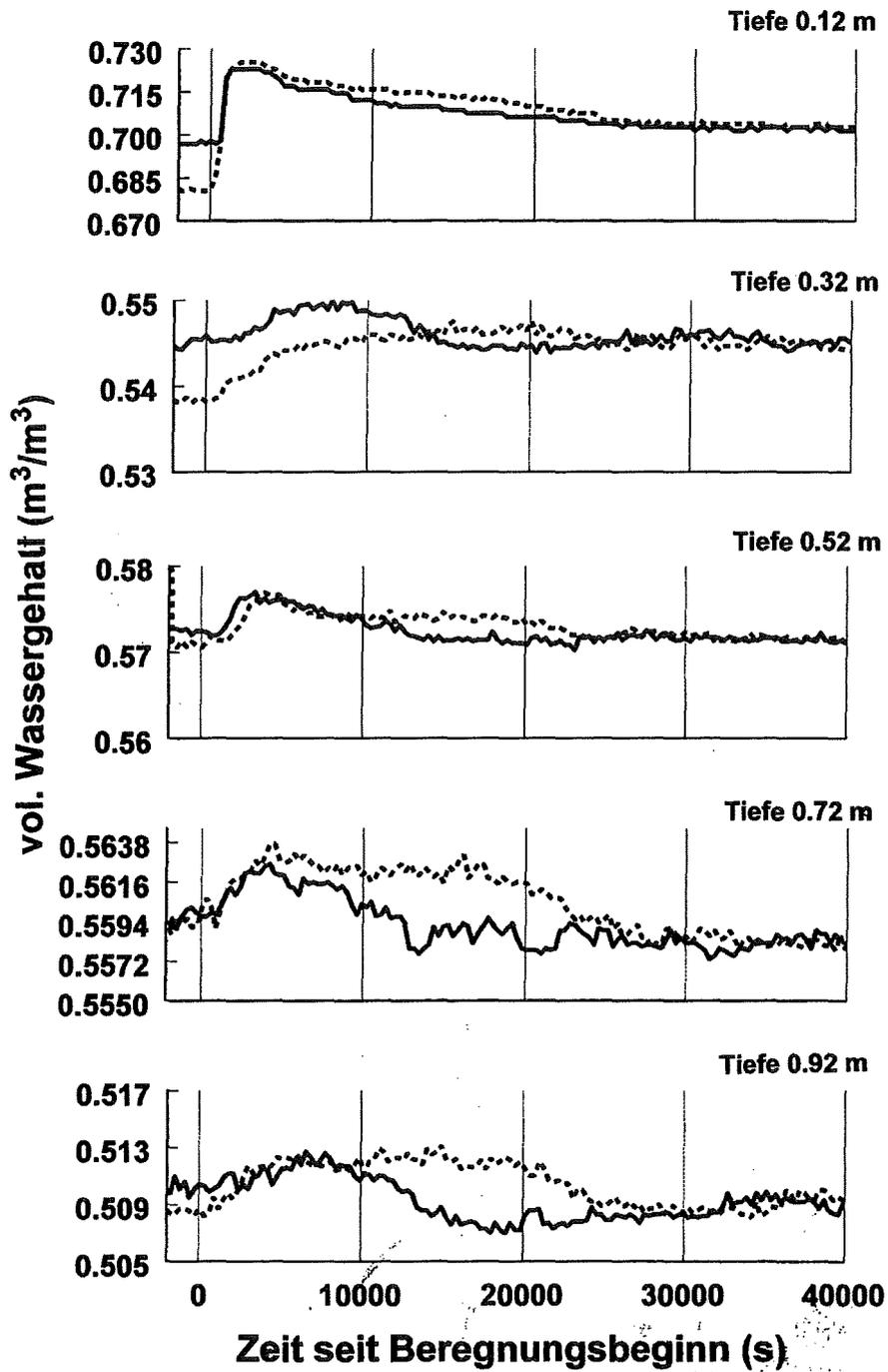
## Unter Scheidwald (Mulde)



### Standort Chaltweh

In diesem Profil sind Makroporen vorhanden, jedoch wenig ausgeprägt. Ihre waldbauliche Förderung scheint möglich zu sein.

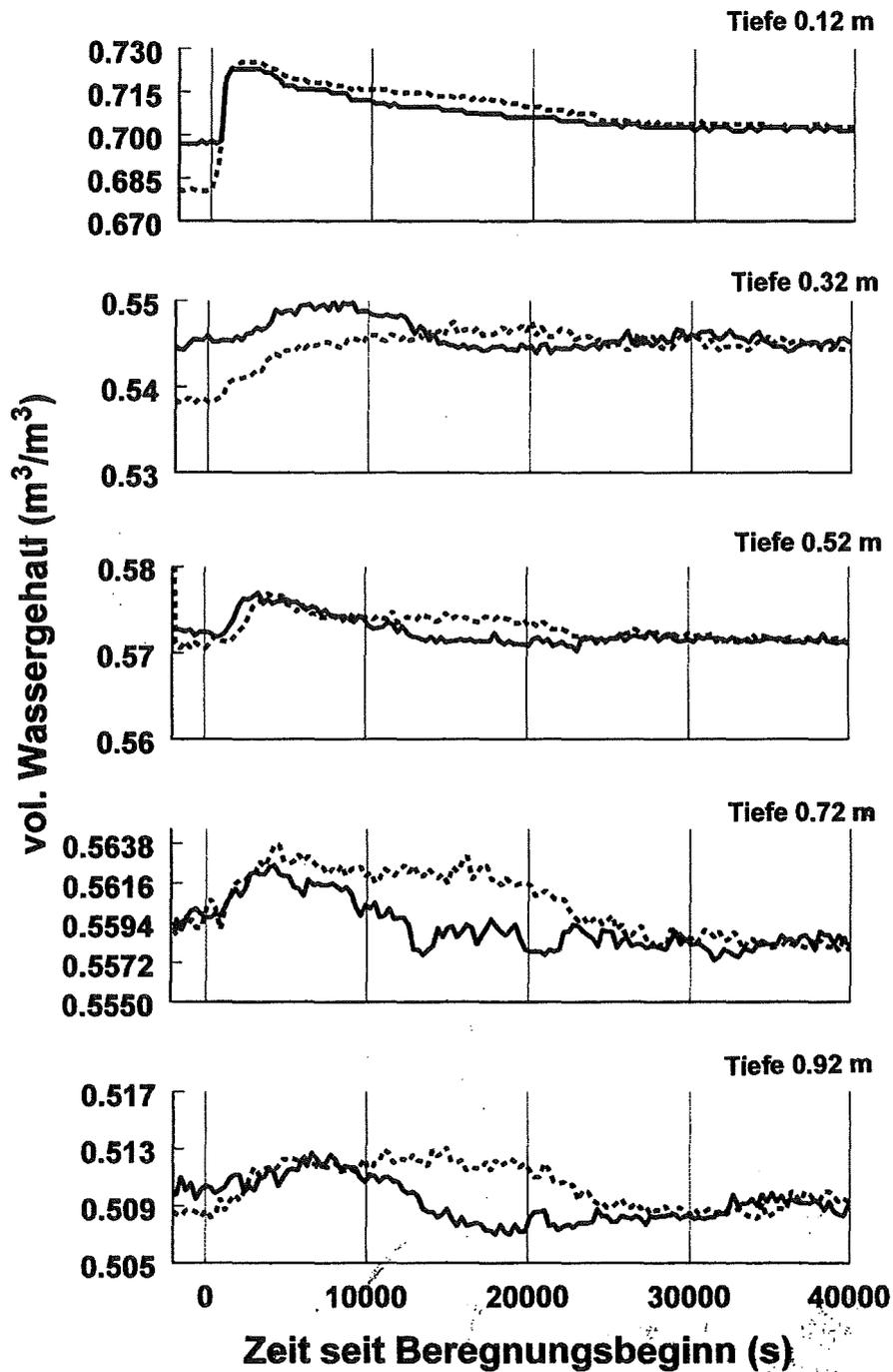
## Chaltweh



### Standort Chaltweh

In diesem Profil sind Makroporen vorhanden, jedoch wenig ausgeprägt. Ihre waldbauliche Förderung scheint möglich zu sein.

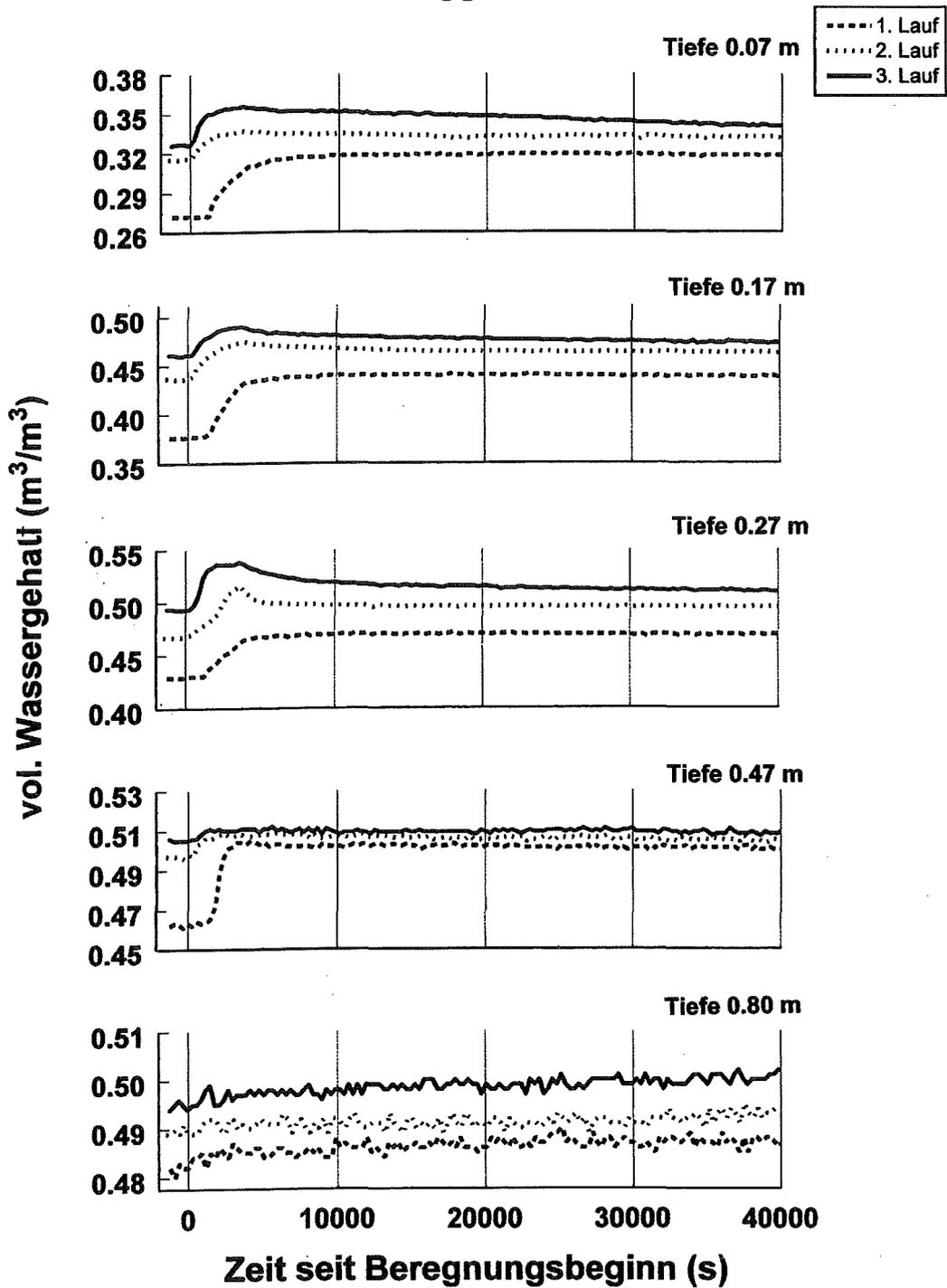
## Chaltweh



### Standort Grönegg 6:

Gut entwickeltes Makroporensystem bis in die Tiefe 70 cm, dann folgt eine gehemmt durchlässige Schicht. Analog zu Standort *Unter Scheidwald - Kuppe*.

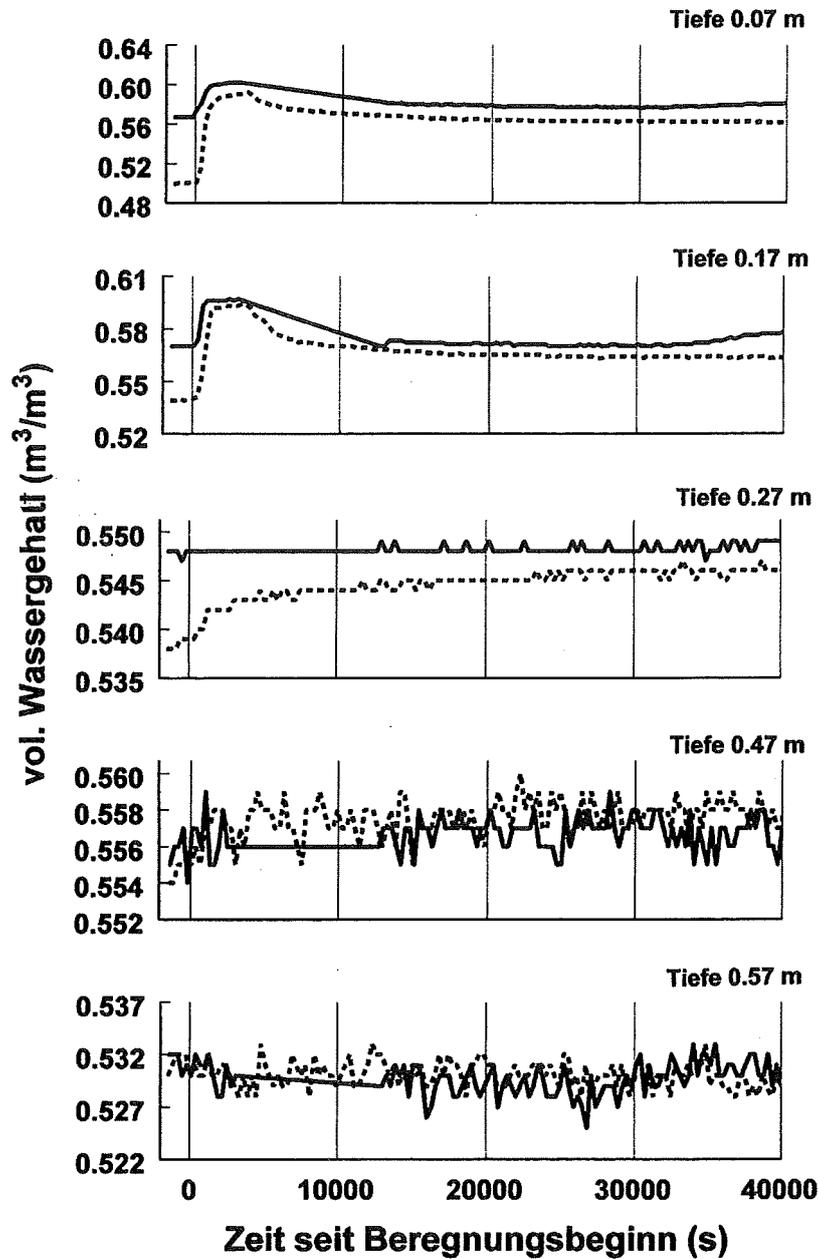
## Grönegg 6



### Standort Grönegg 7:

Wie Standort Grönegg 6, jedoch befindet sich die gehemmt durchlässige Schicht bereits in etwa 25 cm Tiefe. Im Vergleich zu Grönegg 6 wird dadurch die Wasseraufnahmefähigkeit auf etwa die Hälfte reduziert.

## Grönegg 7



### Literatur:

GERMANN, P. (1999) *Makroporen und präferenzielle Sickerung*. Kap. 2.7.1 in: Blume, Felix-Henning-sen, Fischer, Frede, Horn und Stahr (Hrsg.) **Handbuch der Bodenkunde**, 6. Erg. Liefg. *ecomod*

**Gebirgswaldpflege-Tagung 2000 „Gurnigel“  
Gürbe-Exkursion Mittwoch 23. 8. 2000**

# **Gürbe – die teure „Waldgöttin“**

Organisation: Ph. Mösch  
Referent: E. Nussbaum, Präsident Wasserbauverband obere Gürbe

## **1. Uebersicht über das Gurnigelgebiet**

*aus Regionaler Waldplan Gantrisch 2000; von C. Mohr:*

Das Gurnigelgebiet umfasst die Gemeinden Guggisberg, Rüscheegg, Rüti b.R. und Wattenwil sowie die Exklave Rüeggisberg (Gantrischberg) und das Gebiet Oberwiltneren in der Gemeinde Blumenstein. Von der Gesamtfläche von 15'460 Hektaren sind 44 % oder 6'820 Hektaren bewaldet.

Ein grosser Teil davon wurde noch Ende des letzten Jahrhunderts als Alpen genutzt. Wasser und Geschiebe von Sense und Gürbe führten aber immer wieder zu Verheerungen. So wurde begonnen die Wildbäche zu verbauen. Der Staat Bern hat zahlreiche Alpen aufgekauft und mit Millionen von jungen Bäumchen bepflanzt. Seit 1888 wurden über 1800 Hektaren Weideland wieder aufgeforstet.

Eine wichtige Aufgabe der heutigen Zeit besteht darin, das in den letzten Jahrzehnten geschaffene Hochwasserschutzsystem zu unterhalten. Ein bedeutendes Element ist dabei die Verjüngung des Waldes und damit die Holzernte. Im Gantrischgebiet dominiert der produktive Schutzwald.

Die durchschnittliche jährliche Holznutzung beträgt zur Zeit rund 54'000 Kubikmeter und liegt damit unter dem Zuwachs von 67'000 Kubikmetern. Mangelnde Nachfrage und tiefe Holzpreise hemmen eine stärkere Nutzung.

Grosse Teile der Gegend gelten als Naturräume von nationaler Bedeutung. Erwähnt sei die Moorlandschaft mit ihren zahlreichen Hoch- und Flachmooren sowie die beiden Auengebiete am Schwarzwasser und an der Sense.



Das Gebiet zeichnet sich im weiteren durch das Vorkommen zahlreicher, teilweise seltener Vogelarten wie Hasel- und Auerhuhn aus.

Dank seiner Nähe zu den Agglomerationen Bern, Thun und Freiburg ist das Gantrischgebiet ein sehr beliebtes Ziel für Tagestouristen aus den Städten.

## 2. Geologie der Gürbe

aus *Interprävent 1992; Dr. P. Kellerhals:*

Die Gürbe entspringt an der Nordflanke der Stockhornkette, im Talkessel zwischen Gantrisch und Nünenenflue. Die eigentliche **Quelle** liegt auf der oberen Nünenenalp in einer Höhe von 1685 m. In den obersten 5 Kilometern durchfließt die Gürbe als **Wildbach** ein gemeinsam mit ihren zahlreichen Seitenbächen erodiertes, steiles Tal. Auf Kote 785 tritt die Gürbe auf einen **Schuttkegel** über, den sie in einen breiten, quer zu ihrem Lauf liegenden, durch die eiszeitlichen Kander- und Aaregletscher ausgehobenen Taltrog schüttete.

Nach einer weiteren Fliessstrecke von 2,5 km auf der Kulmination dieses Schuttkegels endet der Wildbachabschnitt beim Geschiebesammler auf Kote 625. Von dort bis zur Einmündung in die Aare auf Kote 510 fließt die Gürbe als **kanalisierter Fluss** innerhalb einer breiten Schwemmebene eine weitere Strecke von 21 km. Das gesamte Einzugsgebiet der Gürbe beträgt ca. 145 km<sup>2</sup>, dasjenige der eigentlichen Wildbachstrecke ca. 13 km<sup>2</sup>.

Im Gegensatz zum Unterlauf der Gürbe, welcher innerhalb der Hügellandschaft der mittelländischen Molasse liegt, weist das **Einzugsgebiet der Wildbachstrecke** einen komplexen geologischen Bau auf. Von **unten nach oben** sind die folgenden tektonischen Einheiten beteiligt:

- **Subalpine Molasse** - äusserst verwitterungsanfällige Mergel und härtere, oft im Gelände Rippen bildende Sandsteine;
- **Wildflysch** - stark verschuppte und zerbrochene Abfolge von tonigem Flysch mit grossen Schürflingen und Linsen aus Kalk und Gips. Der Wildflysch ist derart verwitterungsanfällig, dass er nur selten in Anrissnischen von Rutschen aufgeschlossen ist;
- **Gurnigel-Flysch** - eine in sich verfaltete und verschuppte Folge aus - groben Blockschutt bildenden - Sandsteinen, sowie mächtigen, zu Lehm verwitternden Mergeln und Tonschieferlagen.

Nur auf der rechten (südlichen) Talseite, zwischen Langeneggrat und Gantrisch wird der Gurnigelflysch überlagert durch die:

- **Klippendecke** - verwitterungsanfälliger, weicher, oft wasserführender Gips, vermengt mit Rauhwanke, bildet die Basis der Klippendecke. Darüber folgen gefaltete Kalke, Dolomite und Mergelkalke. In diesen letzteren Abfolgen liegt der Talkessel, in dessen Boden die Gürbequelle entspringt.

## 3. Wasserbau an der Gürbe

aus *„Wassertouren“ 1997; Bau- Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern:*

Auch im Gürbetal erinnert man sich noch immer an den 29. Juli 1990. Hochsommerlich heiss sei es damals gewesen, und noch um 17 Uhr wurde an jenem Sonntag an der **Gürbe** gebadet. Nur wer gegen den Gurnigel hinaufblickte, der konnte das kommende Unheil erahnen. Immer dichter ballten sich dort oben die schwarzen Wolken zusammen, und kurz darauf entlud sich das Gewitter. Während zweier, dreier Stunden fielen rekordverdächtige, von starkem Hagel begleitete Niederschlagsmengen über die Alpweiden und Wälder im ganzen Gantrischgebiet. Spätere Untersuchungen haben ergeben, dass im Kerngebiet des Gewitters in dieser kurzen Zeit auf jeden Quadratmeter mehr als 200 Liter Wasser niedergeprasselt waren.

Die Wasserläufe im Oberlauf der Sense und der Gürbe schwollen zu tobenden Wildbächen an, die Erdreich, Steine und Bäume mitrissen. Alpweiden und Waldstücke kamen ins Rutschen, Erschliessungsstrassen wurden unterbrochen, und in den steilen Gräben lösten sich zahlreiche Murgänge. Im Einzugsgebiet der Gürbe widerstanden nur wenige Verbauungen den gewaltigen Massenverlagerungen. Ältere Holzverbauungen wurden praktisch vollständig weggeräumt, und sogar tonnenschwere Betonriegel aus jüngerer Zeit wurden unterspült oder brachen auseinander. Durch die steilen Rinnen stürzten die wilden Schutt- und Wassermassen hinunter Richtung Wattenwil. Das bestehende Gerinne vermochte den Zustrom nicht mehr aufzunehmen, der mit roher Gewalt Geschiebe, Schwemmholz und Sperrentrümmer herantrug. Die geschiebereichen Wassermassen füllten schliesslich den Schuttkegelbereich vollständig auf und brachen Richtung Wattenwil und Blumenstein aus.

Bis zu einem Meter hoch war die trübe Wasserflut, die sich nach 20 Uhr mit zerstörerischer Kraft durch Wattenwil wälzte. Als das Hochwasser gegen Mitternacht endlich zurückging, waren zahlreiche Keller überschwemmt, die Vorgärten voller Schlamm, viele Strassenabschnitte weggespült, eine Brücke weggefeigt, die Felder und Wiesen mit Geschiebe übersart.

Bis weit ins flache Gürbetal hinunter waren die Folgen des Unwetters über dem Gantrisch und das Wüten der Wassermassen im Wildbachbereich spürbar. Denn auch im Unterlauf war das - hier durchgehend kanalisierte - Gerinne den plötzlich anschwellenden Wassermassen nicht mehr gewachsen. Schon bald standen weite Ackerflächen unter Wasser, und die Bahnlinie wurde unterbrochen. (Dazu kam, dass die mitgerissenen Schwemmhölzer die Gürbe unter der Toffener Bahnhofbrücke aufstauten. Die ausbrechenden Wassermassen überfluteten den exponiert im Talboden liegenden Teil der Gemeinde, und zwischen den Industriebauten und Wohnhäusern verkeilten sich Unmengen von Holz.

### **Beschwerlicher Ballast**

Dabei werden schon seit bald einhundertfünfzig Jahren grösste Anstrengungen unternommen, um die Gürbe zu bändigen. Damals, Mitte des 19. Jahrhunderts, herrschte entlang ihres Laufes bitterste Armut. Denn beinahe jedes Jahr trug die Gürbe ihren steinigen Ballast zu Tal, verwüstete die kargen Äcker und Weiden und überfuhr die armseligen Stuben und Ställe. Die Hauptquellen des Geschiebeeintrags wurden schon früh erkannt. Einerseits tiefte sich die Bachsohle im Oberlauf sichtbar ab. Andererseits lieferten verschiedene Rutschgebiete beidseits der Gürbe unaufhörlich weitere Schuttmengen. Nicht nur auf dem weiten Schuttkegel zwischen Wattenwil und Blumenstein, wo der gebirgige Abschnitt der Gürbe in den flacheren Unterlauf übergeht, häufte sich deshalb nach jedem Hochwasser das mitgeführte Geschiebe. Auch auf dem anschliessenden, gewundenen Weg durch das oft überschwemmte, sumpfige Gürbetal lagerte der Gebirgsfluss immer wieder viel Material ab.

Im Jahre 1854 wurden die betroffenen Gemeinden mit einer Petition bei der Regierung in Bern vorstellig: „Damit die Gürbe nicht wie bisher eine Masse Geschiebe anherschwemmen könne, sollte dafür gesorgt werden, dass solches durch Querschwellen im Gebirge so viel als möglich zurückgehalten werde.“

Bereits am 24. Dezember 1854 bewilligte der Grosse Rat die Mittel für eine umfassende Korrektur der Gürbe. Von der Aaremündung bis Wattenwil wurde das Gerinne eingedämmt und kanalisiert, um den Abfluss in die Aare zu beschleunigen. Daneben leitete der Aushub zahlreicher Seitenkanäle die Entwässerung der versumpften Ebenen beidseits der Gürbe ein. Im Jahre 1865 waren die Arbeiten im Unterlauf praktisch beendet.

Kein Ende gefunden haben die Korrektionsarbeiten dagegen an der Wildbachstrecke. In beharrlicher, mühevoller Arbeit entstanden zwischen 1858 und 1881 die ersten Sperrerbauten in der Gürbeschlucht und in den Seitengräben. Errichtet wurden sie vorerst aus Holz und Stein. Gleichzeitig setzte schon zu jener Zeit die planmässige Aufforstung der Quellgebiete ein. Denn schon bald nach Aufnahme der Verbauungsarbeiten wurde erkannt, dass sich die folgenschweren Hochwasser allein mit Bachverbauungen nicht bändigen liessen. Um die Rutschbewegungen der steilen Hänge im Einzugsgebiet der Gürbe zu stabilisieren, musste auch der Wald wiederhergestellt werden.

### **Ununterbrochener Verbau**

Auch die Arbeit der Wasserbauer war von Rückschlägen überschattet. Bereits 1866 zerstörten Hochwasser die kaum vollendeten Verbauungen im Meierisligaben, und 1881 wälzten sich schuttreiche Wassermassen einmal mehr durch Blumenstein und Wattenwil. Ungeachtet der vielen errichteten Sperren habe sich die Geschiebeführung der Gürbe nur unmerklich vermindert, mahnte ein zeitgenössischer Bericht des Eidgenössischen Oberbauinspektorats. Doch die Verbauungsarbeiten, welche erstmals sicheren Verdienst in dieses Armeleuteggebiet brachten, wurden dadurch nicht in Frage

gestellt. Ganz im Gegenteil. Mit einem grossangelegten, zwischen 1893 und 1906 ausgeführten Projekt sollte es endlich gelingen, das Geschiebe im Oberlauf zurückzuhalten.

Hunderte von Sperren und Sohlensicherungen wurden gebaut, dazu kamen Gerinneanpassungen im Bereich des Schuttkegels sowie Erweiterungen des Kanals im Unterlauf. Allerdings war schon beim Abschluss dieser Etappe klar, dass die Arbeiten kein Ende finden würden. In den folgenden Jahren galt das Augenmerk vor allem den seitlichen Zuflüssen, und während der krisengeschüttelten Zwischenkriegszeit war der Sperrenbau an der Gürbe wiederum eine willkommene Arbeitsbeschaffungsmassnahme.

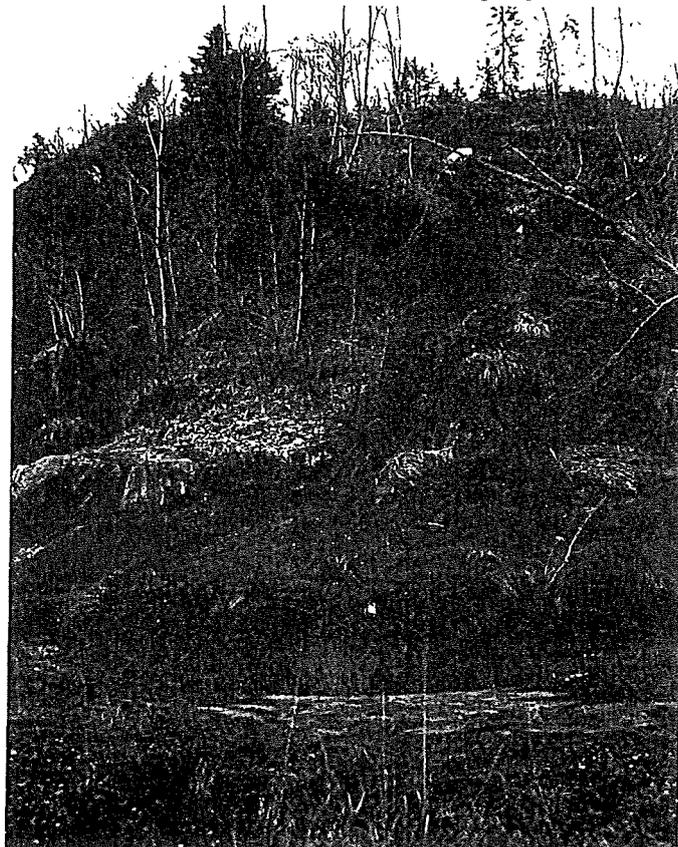
Auch später gingen die Arbeiten praktisch ununterbrochen weiter. Dabei wurden seit Mitte der sechziger Jahre vor allem baufällig gewordene Holz- und Steinsperren durch grosse Stützmauern aus Beton ersetzt. Bändigend liess sich die Gürbe trotzdem nicht. Das unruhige Gelände blieb in Bewegung. So riss im April 1987 ein grosser Erdbeben rund 150 Sperrenbauten weg und unterbrach Wegstücke. An beiden Seiten des Rutschgebietes lagen unzählige Tannen, geknickt wie Streichhölzer.



### **Folgeschwere Murgänge**

Auch Hochwasser zerstörten immer wieder Sperren. Doch gerade das Unwetter vom 29. Juli 1990 zeigte, dass die grösste Gefahr nicht vom Wasser selbst kommt, sondern von den Murgängen, die sich

in den Rutschgebieten im Oberlauf der Gürbe lösen. Sobald starke Gewitterregen oder auch langanhaltende Regenschauer fallen, kann sich das dort angehäuften Lockermaterial regelrecht verflüssigen. Die Folge ist ein Brei aus Wasser, Steinen und Schlamm, der sich, vermischt mit Schwemmh Holz und mitgerissenen Bäumen, zu Tale wälzt - und das mit grosser Geschwindigkeit und mit zerstörerischer Wucht. Die Gefahr, dass auf diese Weise grosse Massen in Bewegung geraten, kann zwar bis zu einem gewissen Grad durch Hangstabilisierungen oder Wildbachverbauungen reduziert werden. Aber oft wird übersehen, dass sich hinter solchen Verbauungen mit der Zeit enorme Schuttmassen anhäufen. Bricht dann bei einem ausserordentlich heftigen Unwetterereignis eine Sperrentreppe doch einmal zusammen, sind die losbrechenden Stein- und Erdmassen umso verheerender.



### Platz schaffen

Viel vernünftiger erscheint es, Murgänge nicht um jeden Preis verhindern zu wollen, sondern sie von Fall zu Fall möglichst schadlos abzuleiten und in einer vorher bestimmten Zone auslaufen zu lassen. Allerdings gibt es kaum noch Gebiete, in denen der Natur tatsächlich jener Raum zugestanden wird, den sie eigentlich beansprucht.

Die gesetzlich festgeschriebene Vorgabe, wonach hochwassergefährdete Bereiche möglichst durch planerische Massnahmen von jeglicher Nutzung freizuhalten und auf diese Weise zu entschärfen seien, lässt sich jedenfalls auch entlang der Gürbe nur mit Vorbehalten und gegen grosse Widerstände verwirklichen. Denn selbst in den unbewohnten Bereichen des Gürbeschuttkegels ist der Nutzungsdruck gross: der Wald soll weiterhin genutzt, der Platz der Freizeiteinrichtungen beibehalten und der Strassendurchgang gewährleistet bleiben.

Trotzdem ist die Devise, wonach das Geschiebe um jeden Preis im Wildbachbereich zurückgehalten werden soll, auch an der Gürbe hinfällig geworden. Bereits 1988, also schon vor dem letzten ganz grossen Unwetter, begannen in einem sogenannten -integralprojekt- eingehende Untersuchungen über die Bodenbewegungen im Einzugsbereich der Gürbe.

Die wenig überraschende Erkenntnis war, dass solche Massenbewegungen natürliche Vorgänge sind, die sich nicht auf Dauer verhindern lassen. Vielmehr sei dem Wildbach auf dem Schuttkegel genügend Platz zur Verfügung zu stellen, damit die Murgänge schadlos auslaufen können.

### Neues Verbauungskonzept

Dieser Einsicht gehorcht das neue Verbauungskonzept für den oberen Bereich des Gürbe-Schuttkegels. Mit einer Vielzahl von Einzelmassnahmen soll erreicht werden, dass die Wasser- und Geschiebemassen bei Extremereignissen innerhalb eines festgelegten Bereiches aufgefangen werden können.

Einen Schwerpunkt bildet dabei die Begradigung des Gerinnes im Abschnitt -Hohli-, dem Gefälleknick zwischen Wildbachbereich und oberem Schuttkegel. Der bisher an dieser Stelle stark gewundene Flusslauf hatte bei Unwettern stets zur Folge, dass die zu Tale schiessenden Murgänge zuerst an das rechte und anschliessend an das linke Ufer geworfen wurden. Dann brachen sie Richtung Blumenstein oder Wattenwil aus.



Mit der inzwischen erfolgten Korrektur und Ausweitung der Linienführung wurde ein eigentlicher Einlauftrichter hin zu den beiden neu errichteten Murgangleitdämmen geschaffen. Diese meterhohen Leitdämme beidseits des Flusses sind die augenfälligste Massnahme im Rahmen des neuen Verbauungskonzeptes. Sie haben zwei Funktionen. Erstens können Murgänge und die aus dem Hauptgerinne ausufernden Hochwasser nicht mehr seitlich ausbrechen. Und zweitens bildet das bewaldete Gebiet zwischen den beiden Leitdämmen einen grosszügig bemessenen Rückhalteraum, der Murgänge abbremst und das umgelagerte Material zurückhält. Die beiden Murgangleitdämme beginnen im Anschluss an die Wildbachstrecke und werden so weit gezogen, wie das Siedlungsgebiet zu schützen ist. Das Geschiebe wird im unteren Bereich des Schuttkegels, in der umgestalteten „Ausschütte“, abgelagert. Ein grosser Holzrechen soll hier das Treibholz zurückhalten. Die untere Abschlussperre des Geschiebesammlers wird so gestaltet, dass bei einem Normalabfluss der Unterlauf der Gürbe dosiert mit Geschiebe beschickt wird. So soll auch der Geschiebehaushalt auf diesem rund 20 Kilometer langen Abschnitt bis zur Aare wieder in ein einigermaßen natürliches Gleichgewicht kommen.

## 4. Forstliche Massnahmen

aus Interprävent 1992; von Dr. Martin Indermühle:

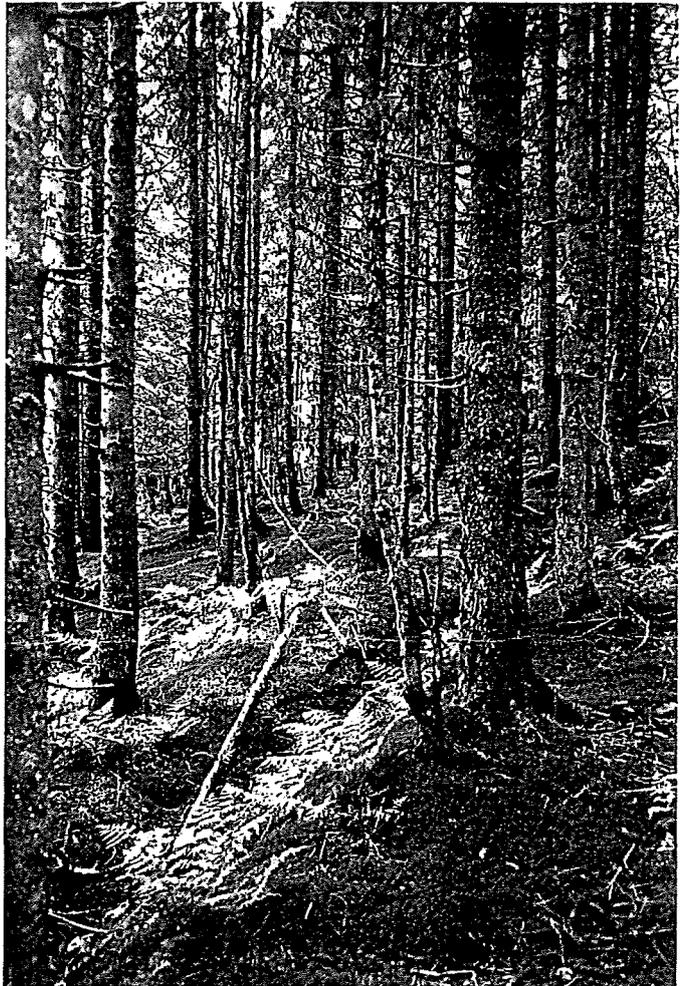
Dass sich die folgenschweren Hochwasser mit Bachverbauungen allein nicht bändigen liessen, wurde bald nach Aufnahme der Verbauungsarbeiten erkannt.

Damals war das Einzugsgebiet der Gürbe nur spärlich bewaldet. Es setzte sich die Einsicht durch, dass die Verbauung der Gürbe und die Stabilisierung der Rutschbewegungen der Flyschhänge nur zu erreichen sind, wenn der Wald im Einzugsgebiet durch Pflege und Aufforstungen wiederhergestellt wird. In dieser Zeit begann eine bis heute andauernde, intensive Zusammenarbeit zwischen Wasserbauern und Forstleuten.

In der Folge entstanden im Gantrischgebiet die **Aufforstungen**.

Die Arbeit der Forstleute war schwierig und langwierig. Zuerst mussten - gegen grossen Widerstand - den Privatgenossenschaften die Alpweiden abgekauft werden. Um die verdichteten und vernässten Böden überhaupt bestocken zu können, wurden rund 440 km Entwässerungsgräben gezogen.

Inzwischen sind aus rund **6 Millionen Jungbäumen** grosse Waldflächen entstanden (die meisten davon im Besitze des Staates). Obschon auch viele andere Baumarten gepflanzt wurden, bestehen die Aufforstungen heute zum grössten Teil aus Fichten (Rottannen). Sie konnten sich auf den verdichteten Flyschböden am besten durchsetzen.



Die erste, wegen fehlender Erschliessung in früheren Zeiten nur wenig gepflegte Baumgeneration ist besonders labil. Die flachwurzelnden, dicht beisammenstehenden Fichten werden leicht durch Rauhref und Neuschnee geknickt oder vom Wind zu Boden geworfen. Es gilt daher heute, diese Bestände durch regelmässige Durchforstungen und durch gezielte **Verjüngungen** - wobei auch tief- wurzelnde und ökologisch wertvolle Weisstannen und Laubhölzer eingebracht werden - in stabile, naturnahe Wälder überzuführen.

Weil bei den natürlich aufgewachsenen Gebirgswäldern nicht Einzelbäume, sondern **Kollektive** (Rotten) die stabilsten Elemente eines Waldbestandes sind, werden bei der Pflege und bei der Verjüngung der Aufforstungen auch die Kollektive gefördert. Diese Arbeit ist anspruchsvoll und fordert viel waldbauliches Einfühlungsvermögen und Naturverständnis!

Aus „Gürbetal“ Frühling/Sommer 97; von Ph. Mösch:

### Integralprojekt Wattenwil und Meierisli

Bis anfangs der achtziger Jahre konnten die Holzerlöse meist die arbeitsintensiven Pflegemassnahmen in den Hochwasserschutzwäldern decken. Heute **muss die Öffentlichkeit die Waldbesitzer in ihrer aufwendigen Arbeit unterstützen**. Dies konnte mit dem Integralprojekt Wattenwil und Meierisli erreicht werden.

Gestützt auf die umfassenden wasserbaulichen und forstlichen Untersuchungen nach dem heftigen Gürbeunwetter von 1990 und dem anschliessenden Regierungsratsbeschluss vom Juni 1993, konnten in den Jahren 1994 und 1995 die Projektierungsarbeiten begonnen werden. Ende 1995 konnten beide Projekte durch den Berner Regierungsrat und die eidgenössische Forstdirektion genehmigt werden.

Die Projektarbeiten enthalten auf einer Fläche von ca. 1100ha die **minimal nötigen waldbaulichen Massnahmen** zum Erhalten der Schutzfunktion der Wälder (Durchforsten, Verjüngen), kleinere Verbauungsarbeiten in Bachgräben und bei Rutschungen, sowie die notwendigen Erschliessungsmassnahmen.

Der Kostenvoranschlag sieht Massnahmen für die zehnjährige Projektdauer in folgendem Umfang vor:

1. Waldbau B	Fr. 5'600'000.--
2. Schutzbauten und Anlagen	Fr. 1'400'000.--
3. Erschliessung	Fr. 1'100'000.--
4. Messstellen	Fr. 20'000.--
	<u>Fr. 8'120'000.--</u>

Die zu erzielenden Holzerlöse werden auf rund: Fr. 3'000'000.—geschätzt.

Die Restkosten werden zu einem wesentlichen Teil vom Bund und dem Kanton Bern getragen; auch der Wasserbauverband obere Gürbe beteiligt sich an den waldbaulichen Kosten.

Die Arbeit ist aber durch die Waldeigentümer zu veranlassen, durch die Förster zu planen, und durch die **Forstwerte und Waldarbeiter in unermüdlich, hartnäckiger Art** auszuführen. Bei Sonnenschein, Wind, Regen, oder Schneetreiben, ohne sich durch einzelne Misserfolge entmutigen zu lassen.

# Tagungsobjekte und Diskussion

# Tagungsobjekte GWG 2000 Gurnigel

Unter Scheidwald

Pfyffe

Parcours

Tiefengraben

2km



## Teilnehmerliste GWG 2000

Nr	Name	Vorname	Adresse	PLZ	Ort
1	Ammann	Martin	Säntisstrasse 14	8640	Rapperswil
2	Annen	Beat	Klausenstr. 2	6460	Altdorf
3	Bacher	Andreas	Flelistrasse 3	6060	Sarnen
4	Böll	Albert	W S L	8903	Birmensdorf
5	Bossel	Francois	Inspektion des forêts du 4e	1630	Bulle
6	Bugmann	Harald	ETHZ Gebirgswaldökologie	8092	Zürich
7	Covi	Silvio	Kantonsforstamt Luzern	6002	Luzern
8	de Pourtalés	Frédéric	Försterschule Lyss	3250	Lyss
9	Delucchi	Marco	Sez. forestale	6500	Bellinzona
10	Ehrbar	Rolf	Bitziweidstr. 5	8739	Rieden
11	Ettlinger	Peter	Mettlen	9063	Stein
12	Eyer	Willi	C.P. 100	1706	Fribourg
13	Förster	Felix	W S L	8903	Birmensdorf
14	Franzi	Marco		6533	Lavino
15	Frehner	Monika	Städtchenstr. 17	7320	Sargans
16	Frey	Werner	ob dem See	7265	Wolfgang
17	Frey	Hans-Ulrich	Am Bach	7315	Vättis
18	Gay	Jean-Louis	Les Bonnettes PB 82	1816	Chailly-Montreux
19	Germann	Peter			
20	Hitz	Oliver	Grutstr. 206	8055	Zürich
21	Hofstetter	Heinrich	A-Bodenmatt	6162	Entlebuch
22	Jordan	Jean-Pierre	Debarcudère 20	2501	Biel
23	Kayser	Andreas	Oberforstamt NW	6370	Stans
24	Kläy	Max	SBB Anlagen-Management	6002	Luzern
25	Lüscher	Peter	WSL	8903	Birmensdorf
26	Meier	Adrian Lukas	Amt für Wald des Kantons Bern	3011	Bern
27	Metral	Roland	Rue du Léman 29	1920	Martigny
28	Mohr	Conradin	Waldabteilung 5 Bern-Gantrisch	3132	Riggisberg
29	Mösch	Conradin	Philipp	3132	Riggisberg
30	Ott	Ernst	im Späten 20	8906	Bonstetten
31	Rageth	Thomas	Kantonsforstamt	8750	Glarus
32	Remund	Barbara	Pfahlbauerweg 11	3286	Munterliet
33	Rey	Freddy	Cemagref EPM 124	F-3840 2	St. Martin-d'hères
34	Romang	Hans	Dischmastr. 62	7260	Davos-Dorf
35	Sandri	Arthur	Kreisforstamt 8	7130	Ilanz
36	Schönenberger	Walter	WSL	8903	Birmensdorf
37	Schwitzer	Raphael	Fachstelle Gebirgswaldpflege	7404	Maienfeld
38	Straub	Rudolf	Sandstrasse 21F	3860	Meiringen
39	Thormann	Jean-Jacques	Eidg. Forstdirektion	3003	Bern
40	Tognini	Flavio	Pza Nosetto 2	6710	Biasca
41	Vogt	Ulrich	Höheweg 1 C	3700	Spiez
42	Walcher	Jürg	Köhlhof 4	8755	Ennenda
43	Wasser	Brächt	Büro Impuls	3600	Thun
44	Weber	Theo	Bahnhofstr. 15	6430	Schwyz
45	Zeller	Ernst	Im Habersack 7	7304	Maienfeld
46	Zuber	Ruedi	Teuchelweg 2	7000	Chur
47	Zürcher	Kaspar	Büro Impuls	3600	Thun
48	Greminger	Peter	Eidg. Forstdirektion	3000	Bern

## Schweizerische Gebirgswaldpflegegruppe GWG

### Programm für die Sommertagung 2000 - Waldwirkungen und Hochwasser

#### Montag 21. August 2000

- 09.21      Ankunft am Bahnhof Thurnen (vergl. beiliegende SBB-Fahrpläne)
- 09.50      Gurnigelbad (Zimmerbezug, Kaffee)
- 10.30      - Begrüssung und Einführung                      Ph. Mösch  
            - Systembetrachtung, Einführung in            F. Forster, P. Lüscher,  
            - die Problemstellung                      B. Wasser, K. Zürcher
- 12.00      Mittagessen (Gurnigelbad)
- 13.30      Abfahrt - Parcours zur Einführung in die Grundlagen
- Entscheidende Bodeneigenschaften        P. Lüscher  
            - Durchwurzelung und Wachstum           P. Lüscher, A. Rigling  
            - Rasche Fliesswege                        P. Germann  
            - Einführung in die Handlungsanleitung   B. Wasser, K. Zürcher
- Demonstration der Handlungsanleitung im Chaltweh (Profil 5045, subalpiner  
            Fichtenwald, 57 b)
- 18.30      Nachtessen

#### Dienstag 22. August 2000

- 08.00      Abfahrt zu den Übungsobjekten
- 08.30      Gruppenarbeiten an den Objekten. Bei den Gruppenarbeiten steht das  
            Ausfüllen der Handlungsanleitung im Vordergrund. Besteht Handlungsbedarf,  
            soll auch eine Probeanzeichnung ausgeführt werden.
- 12.30      Mittagessen im Gurnigelbad
- 14.00      Abfahrt - Präsentation und Diskussion Objekt „Meierisli“
- 16.00      Rückfahrt zum Gurnigelbad
- 17.00      GWG - Sitzung
- 19.30      Nachtessen

#### Mittwoch 23. August

- 08.00      Abfahrt - Präsentation und Diskussion Objekt „Pfyffe“
- 10.00      Präsentation und Diskussion Objekt „Unter Scheidwald“
- 12.00      Mittagessen (in Ochsenstube)
- 13.00      Dessert und Schlussdiskussion                      (Leitung: P. Greminger)
- 14.00      Beginn der Exkursion „Gürbe“                      (Leitung: Ph. Mösch)
- 17.00      Thurnen Bahnhof (17.09 Abfahrt des Zuges nach Bern; Bern an: 17.39; Zürich  
            an: 18.57; Chur an: 20.45)

## Fotos Objekt Tiefengraben



**Bestand:** Fotostandort ① / Richtung 1  
Foto IMPULS



**Vegetationsaspekt bei ①**  
Foto IMPULS



**Verjüngungsaspekt bei ②**  
Foto IMPULS



**Vegetationsaspekt bei ②**  
Foto IMPULS



**Profil Kuppe**  
Foto M. Frehner

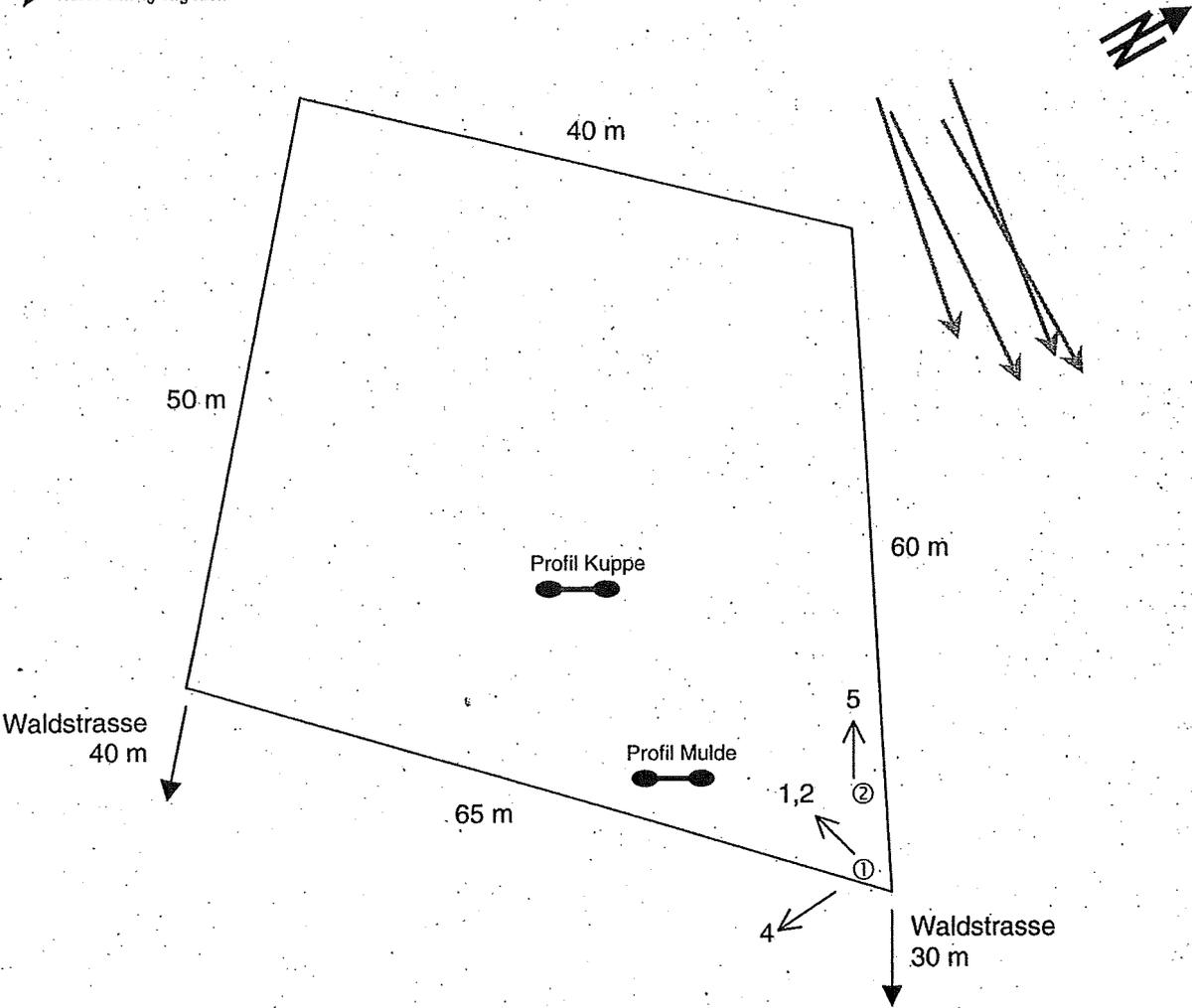


**Profil Mulde**  
Foto M. Frehner



1. Lage und Grenzen der Weiserfläche und Lage der Fotostandorte (Skizze):

→ Nordrichtung angeben



**Fotos:**

1 = Aufnahmestandort    2 = Aufnahme Nummer  
 3 = Aufnahmerichtung    4 = Brennweite (mm)

1	2	3	4	Bemerkungen
①	1	70		Bestand mit nördlichem Rand
①	2	28		Ausschnitt Bestand
①	3	-		Vegetationsaspekt
①	4			Verjüngungsaspekt
②	5	40		Verjüngungsaspekt
②	6	-	40	Vegetationsaspekt

**Legende zur Skizze:**

→ geworfene Fichtenstämme

---



---



---



---



---



---



---



---

**9. Bemerkungen** (z.B. Bestandesgeschichte, Vorrät u.a.):

weitere Arten der Krautschicht:  
 Viola silvatica, Galium rotundifolium, Ranunculus lanuginosus, Equisetum silvaticum, Equisetum arvense, Lysimachia nemorum, Carex sivatika, Ajuga reptans, Hieracium murorum, Phyteuma spicatum, Sanicula europaea, Dryopteris filix-mas, Dryopteris dilatata, Veronica urticifolia, Fragaria vesca.

---



---



---



---

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.: Fläche (ha): Datum: 22.8. Bearbeiter/in: Tiefengraben Kuppe

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

Waldschwingel-Tannen-Buchenwald

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

△

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwandverhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	B ≥ 30 T < 60 F ≤ 30				
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	△ zweischichtig BHD-Streuung mittel		Verjüngungsansätze fördern	X	X
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückenbreite, Stammzahl)	△ Einzelbäume/ Kollektive Lücken ≤ Baum-länge				
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	KL: 1/2 - 2/3 h/d < 80 Verankerung gut		Bu fördern, Starkholz ernten?	X	X
• Verjüngung - Keimbett	△ grüner Boden				
- Ansammlung/Anwuchs	Ansammlung bei DG < 0,6				
- Aufwuchs	in Lücken bzw. alle 150m Mischung ziegerecht				
• Durchwurzelung - Stark-, Grob- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	ganzer Wurzelraum genutzt 170cm		(Buche und Stauden verbessern, siehe oben)		

minimal ideal

? Vorgehen bei schlechter Erschliessung

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja   
nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein	mittel	gross
	X	

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.: Fläche (ha): Datum: **22.8.** Bearbeiter/in: **Tiefengraben Mulde**

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

**Waldschwingel - Tannen - Buchenwald**

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

**Durchwurzelung / Mischung / Gefüge vertikal**

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwand verhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	Bu 40, Ta 40, Fi 20 Ah einzelne		Bu-Verj. Fördern Lichtschächte Ta im Auge behalten	X	X
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	stufig, BHD-Streuung gross		Lichtschächte Bu-Verjüngung fördern	X	X
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückbreite, Stammzahl)	Einzelbäume Schlussgrad locker		Lichtschächte	X	X
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	Kronenlänge $\frac{2}{3}$ SG < 70 Verankerung gut		Bu fördern	X	X
• Verjüngung - Keimbett	$\frac{3}{4}$ der Fläche ohne starke Vegetationskank.				
- Ansamung/Anwuchs	alle Baumarten überall verteilt				
- Aufwuchs	In Lücken + bei Seitenlicht alle 75m Mischung zielgerecht		Ta im Minimum Wildbestand regulieren	X	Jagd
• Durchwurzelung - Stark-, Grob- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	SW: mässig GW: mässig FW: viele WR: 120cm		Stufigkeit Bu fördern		

minimal Ideal

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja   
nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein	mittel	gross
	X	

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Tiefengraben Kuppe

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	80%	3	> 80%	4	0%	0	
DG Kraut- / Moosschicht	85%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	50%	0.5	> 50%	1	0%	0	
Mischung	95% NH	2	50% NH	1.5	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>sehr gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>9</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>2</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	85%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	L-Horizont	1	keine Auflage	0	L-Horizont	1	
Humusform	Moder	0.5	Mull	1	Moder	0.5	
Durchmischungstiefe	>8 cm	1	aktiv	1	< 8 cm	0.5	
mechanische Verdichtung	keine	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12.5</b>	<b>gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	nein		<--		<--		
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	zweischichtig	2	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	wenige	1	mässig	2	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	viele	3	viele	3	mässig	2	
Makroporen	mässig	2	viele	3	wenige	1	
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	keine	0	viele	2	keine	0	
Teilbewertung	mässig	9	sehr gut	16	sehr schlecht	4	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	Rostflecken	3	<--	3	<--	3	
Bodenentwicklung	[A](S)B	2	<--	2	<--	2	
Skelettgehalt	15%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	mässig	6	mässig	6	mässig	6	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>mässig</b>		<b>gut</b>		<b>schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	150 cm	15	150 cm	15	150 cm	15	
Skelettgehalt in %	15%	0.85	<--	0.85	<--	0.85	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 4,6,8	18	<--	18	<--	18	Lagerungsdichte mittel
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>230</b>		<b>230</b>		<b>230</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>langsamer Abfluss</b>		<b>langsamer Abfluss</b>		<b>langsamer Abfluss</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>sehr gut</b>		<b>gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>sehr gut</b>		<b>gut</b>		<b>gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>mässig</b>	<b>0.6</b>	<b>gut</b>	<b>0.8</b>	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>108 mm</b>		<b>144 mm</b>		<b>72 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		<b>4 mm</b>		<b>3 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>30 mm</b>	
3 Speicherung		<b>96 mm</b>		<b>97 mm</b>		<b>70 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 langsamer Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Tiefengraben Kuppe

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr schlecht</i>
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>gut</i>
Durchlässigkeit (Index)	<i>mässig</i> 0.6	<i>gut</i> 0.8	<i>schlecht</i> 0.4
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	108 mm	144 mm	72 mm
Ermittlung der Senken (in mm)			
1 Interzeption	4 mm	3 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	0 mm	0 mm	30 mm
3 Speicherung	96 mm	97 mm	70 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

## Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung; 60 mm Regen			
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr schlecht</i>				
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>gut</i>				
Durchlässigkeit (Index)	<i>mässig</i> 0.6	<i>gut</i> 0.8	<i>schlecht</i> 0.4				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	<i>nein</i> -	<-- -	<-- -				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	126 mm	168 mm	84 mm				
Ermittlung der Senken (in mm)							
1 Interzeption	4 mm	3 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	0 mm	0 mm	0 mm				
3 Speicherung	56 mm	57 mm	60 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	60 mm	60 mm				

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Tiefengraben Mulde

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	80%	3	> 80%	4	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	85%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	50%	0.5	> 50%	1	0%	0	
Mischung	95% NH	2	50% NH	1.5	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>sehr gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>9</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	85%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	L-Horizont	1	keine Auflage	0	keine Auflage	0	
Humusform	Mull	1	Mull	1	Mull	1	
Durchmischungstiefe	> 8 cm	1	aktiv	1	aktiv	1	
mechanische Verdichtung	keine	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>sehr gut</b>	<b>13</b>	<b>gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	CcaGr	65 cm	<--	65 cm	<--	65 cm	
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	zweischichtig	2	stufig	4	fehlend	0	
Starkwurzeln	wenige	1	mässig	2	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	mässig	2	viele	3	mässig	2	
Makroporen	mässig	2	viele	3	wenige	0	viele Poren > 1 mm
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	wenige	1	viele	2	keine	0	
Teilbewertung	mässig	9	sehr gut	16	sehr schlecht	3	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	örtlich reduziert	0	<--	0	<--	0	
Bodenentwicklung	keine	0	<--	0	<--	0	
Skelettgehalt	15%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>mässig</b>		<b>sehr schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	65 cm	6.5	65 cm	6.5	65 cm	6.5	
Skelettgehalt in %	15%	0.85	<--	0.85	<--	0.85	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 4,8	14	<--	14	<--	14	Lagerungsdichte hoch
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>77</b>		<b>77</b>		<b>77</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>sehr gut</b>		<b>gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>sehr gut</b>		<b>gut</b>		<b>gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	<b>mässig</b>	<b>0.6</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>0.2</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>11 mm</b>		<b>16 mm</b>		<b>5 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		<b>4 mm</b>		<b>3 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>85 mm</b>		<b>81 mm</b>		<b>95 mm</b>	
3 Speicherung		<b>11 mm</b>		<b>16 mm</b>		<b>5 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 langsamer Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Tiefengraben Mulde

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr schlecht</i>
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>gut</i>
Durchlässigkeit (Index)	<i>schlecht</i> 0.4	<i>mässig</i> 0.6	<i>sehr schlecht</i> 0.2
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	11 mm	16 mm	5 mm
Ermittlung der Senken (in mm)			
1 Interzeption	4 mm	3 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	85 mm	81 mm	95 mm
3 Speicherung	11 mm	16 mm	5 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

## Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung; 60 mm Regen		
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr schlecht</i>			
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>gut</i>			
Durchlässigkeit (Index)	<i>schlecht</i> 0.4	<i>mässig</i> 0.6	<i>sehr schlecht</i> 0.2			
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	<i>CcaGr</i> 65 cm	<-- 65 cm	<-- 65 cm			
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	23 mm	34 mm	11 mm			
Ermittlung der Senken (in mm)						
1 Interzeption	4 mm	3 mm	0 mm			
2 Oberflächenabfluss	33 mm	23 mm	49 mm			
3 Speicherung	23 mm	34 mm	11 mm			
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm			
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm			
	60 mm	60 mm	60 mm			

## Tiefengraben:

### Präsentation Mulde:

Silvio Covi, Peter Greminger, Arthur Sandri, Max Kläy, Flavio Tognini

Annahme, dass Standorttyp eher dem Waldschwingel-Tannen-Buchenwald entspricht und weniger dem Waldgersten-Tannen-Buchenwald.

Betreffend Naturgefahr entscheidende Kriterien: Mischung, Gefüge vertikal und Durchwurzelung.

Soll-Zustand: Übernahme der Idealkriterien und nicht der Minimalkriterien gemäss Anhang 2.

Massnahmen: Bestand ist v. a. mit Buche, aber auch mit Tanne und Bergahorn vorverjüngt. Buchen und Tannenverjüngung kann durch Lichtschächte im Aufwuchs sehr einfach und gut gefördert werden.

Mischung und Gefüge verbessern sich langfristig auch ohne Massnahme in Richtung minimal, weil in den vorhandenen Lichtschächten einzelne Buchen aufwachsen werden. → Mischung: erhöhter Buchenanteil; → Gefüge: grössere Durchmesserstreuung.

Tannenverjüngung darf nicht aus den Augen verloren werden. Sehr viele Tannen weisen Verbiss auf. Aufwuchs noch nicht gesichert. Einfluss des Wildes?

Insgesamt lässt sich mit minimalem Aufwand der Bestand in die gewünschte Richtung lenken.

Dringlichkeit unter dem Aspekt der Naturgefahr eher klein bis mittel, weil die Verbesserungen betreffend Naturgefahr eher bescheiden sind. Unter dem Aspekt der Möglichkeit, mittels einfachem Eingriff den waldbaulichen Zustand rasch zu verbessern, ist die Dringlichkeit grösser. Die Dringlichkeit muss in Relation zum gesamten Einzugsgebiet betrachtet werden.

### Präsentation Kuppe:

Raphael Schwitter, Conradin Mohr, Werner Frey, Andreas Bacher, Jean-Jacques Thormann

Annahme, dass Standort insgesamt eher Waldschwingel-Tannen-Buchenwald entspricht. (90% Standort wie Bodenprofil Kuppe, 10% wie Bodenprofil Mulde).

Soll-Zustand: Übernahme **der Minimalkriterien** gemäss Anhang 2 mit folgenden Abänderungen: Gefüge: mind. zweischichtig, Durchwurzelung: ganzer Wurzelraum genutzt (bis 120 cm Tiefe) (siehe F2).

Entscheidende Kriterien betreffend Naturgefahren: Durchwurzelung, gem. ersten Bohrungen Lüscher, Förderung der Buche, Gefüge vertikal.

Massnahmen: Plenter- bis Gruppenplenterdurchforstung: Förderung der vorhandenen Buchen- und Tannenverjüngung. Öffnen der vorhandenen kleinen Löcher, ev. Durchforstung Richtung Zielstärkennutzung (grösste Bäume, wegen höherer Windwurfgefahr (gem. Erfahrungen Conradin Mohr nach Lothar). Wenn der Bestand nicht so gut erschossen wäre, könnte aus wirtschaftlichen Gründen auch stärker eingegriffen werden (femelartige Löcher bis 1-2 Baumhöhen Durchmesser, ohne einen grossen negativen Einfluss auf die Naturgefahr Hochwasser zu haben).

Verjüngung ist genügend vorhanden. Der Bestand ist allgemein schon in einem recht guten Zustand. Handlungsbedarf vorhanden, Priorität aber mittel bis gering.

### **Diskussion:**

Leitung Raphael Schwitter:

Hansueli Frey:

Weshalb ist ein Bestandeszusammenbruch so schlecht, die Wurzeln sind ja noch da.

Kaspar Zürcher:

Probleme bei Bestandeszusammenbruch: bei Windwurf sind die Wurzeln weg, die Makroporen gehen verloren. Bei Windwurf (im Flysch selten) bleiben die Wurzeln über Jahrzehnte erhalten. Durch die Bewirtschaftung wird der Boden verdichtet.

Silvio Covi:

Glaubt nicht, dass sich der Boden nach einem Windwurf so stark verschlechtert, da der Bestand schon vorverjüngt ist.

Walter Schönenberger:

Bei gewählten Szenario wird bei allen Bodentypen angenommen, dass schon 50 mm Wasser gespeichert sind. Ist das realistisch? Ist nicht der Boden in der Mulde immer voll und auf der Kuppe gibt es eine zeitliche Variation?

Peter Lüscher:

Aufgrund von Erfahrungen mit Saugspannungsmessungen sind Verfeinerungen nicht realistisch, bei der Genauigkeit, die wir sonst haben. Wenn angenommen würde, dass anstatt fix 50 mm ein relativer Anteil des Bodens schon mit Wasser gefüllt ist, so kämen „schlechte“ Böden zu gut weg.

Brächt Wasser:

Mit der Niederschlagshäufigkeit und -intensität kann gespielt werden. Mit verschiedenen Szenarien sind differenzierte Betrachtungen möglich. Gewählt wurde ein plausibles Szenarium.

Beat Annen:

Wieviel mm/Tag transpiriert ein Bestand?

Peter Lüscher:

Bei intensiver Durchwurzelung wird aus den Grobporen 4 – 6 mm/Tag transpiriert, aus den Mittelporen weniger.

Ernst Zeller:

Traditionell wurde das Wasser schnell weggeleitet (Vermeiden von Rutschungen), jetzt soll der Boden als Schwamm verwendet werden.

Arthur Sandri:

Nach einem FAN-Kurs in diesem Gebiet werden hier die Rutschungen nicht vom Oberflächenwasser gesteuert, sondern von Felsschollen. Das Hangwasser tritt meistens weiter oben ein.

Rutschung und Hochwasser sind unabhängig voneinander.

Peter Greminger:

Für Rutschung und Hochwasser müssen verschiedenen Strategien angewendet werden: bei Rutschungen, die Menschen oder Sachwerte gefährden, muss die Wassereinleitung vermieden werden. Bei Hochwasser geht es darum, mit der Schwammwirkung des Schutzwaldes grosse Abflussspitzen zu verhindern.

Raphael Schwitter:

In der Praxis überschneiden sich die Probleme mit Hochwasser und Rutschungen oft.

Albert Böll:

In Sachseln wurden 150 – 200 Rutschungen untersucht. Daraus gibt es Aussagen, wo es gerutscht ist und wo nicht. Eine profilumfassende Bodensättigung (wegen Extremniederschlägen) war überall vorhanden, auch dort, wo es nicht gerutscht ist. Die Rutschungen entstanden wegen der unterschiedlichen Scherfestigkeit des Bodens.

Die Arbeiten, die an der Tagung präsentiert werden, gefallen ihm.

Conradin Moor:

Verdunsten Bestände mit grossen Tanne mehr als Bestände mit kleinen Tannen?

Keine Untersuchung bekannt.

Peter Lüscher:

Die Wurzelmasse ist im Objekt Scheidwald (ältere Bäume als hier) grösser als hier. Resultat sind aus Untersuchungen zur Wurzelmasse zu erwarten.

Philipp Mösch:

Die Transpiration hängt evt. zusammen mit dem Zuwachs.

Andreas Rigling:

Bei einem stufigen Bestand wird der Wurzelraum am besten ausgenutzt.

Conradin Moor:

Er bevorzugt auch einen stufigen Bestand, doch was ist der Zieldurchmesser?

Die präsentierende Gruppe will hohe Zieldurchmesser wegen Lothar 2 vermeiden.

Ruedi Zuber:

Die Windwurfanfälligkeit hängt nicht nur von der Wassersättigung ab, sondern auch von der Grösse der Wurzelballen (grosse Wurzelballen – grosse Windwurfanfälligkeit)

Köbi Thormann:

Grosse Bäume schliessen den Boden besser auf, hohe Bäume werden aber auch oft geworfen.

Raphael Schwitter:

Ist es zweckmässig, den Buchenanteil zu erhöhen?

Brächt Wasser:

Falls die Buche den Boden besser durchwurzelt als Tanne und Fichte, sollte der Buchenanteil erhöht werden.

Peter Lüscher:

Die Tanne schnitt nicht statistisch gesichert schlechter ab als die Buche, aber es ist eine Tendenz vorhanden.

Frédéric de Pourtalès:

Ohne Eingriffe wird der Bestand einschichtig. Will den Buchenanteil mit Plenterdurchforstung erhöhen. Plenterwald = Plenterstruktur im Wurzelraum.

Conradin Moor:

In den letzten 20 Jahren wurden mindestens 3 Eingriffe gemacht, zudem gab es einige Vivian- und Lotharschäden.

Philipp Mösch:

Wichtig ist der Einfluss des Eingriffes auf das Wasser in der Gürbe. Soll hier Geld investiert werden, um das Ziel zu erreichen?

Arthur Sandri:

Eine Begründung für einen Eingriff ist nur möglich, falls das ganze Einzugsgebiet angeschaut wird.

Silvio Covi:

Über 10 – 30 % Fichtenpflanzung kann diskutiert werden, aber nicht über 80 % Fichte.

Conradin Moor:

Der Bestand hier ist standortgerecht, fast perfekt. Hat Mühe, dem Förster etwas vorzuschreiben und ihm Geld dafür zu geben.

Frédéric de Pourtalès:

Der heutige Zustand ist gut. Die Frage ist aber berechtigt, wie wir uns verhalten, falls der Förster mehr Fichten will. Das Waldgesetz verlangt standortgerechte Bestände.

Raphael Schwitter:

Waldbau soll nicht mit Finanzpolitik vermischt werden.

Philipp Mösch:  
Beides hängt aber zusammen.

Raphael Schwitter:  
Ein Eingriff ist nicht dringlich, kein Eingriff ist auch nicht schlecht.

Thomas Rageth:  
Vom Prozess her betrachtet ist die Kernfrage, Wie der Abflusskoeffizient für den Wald aussieht, der in die Formeln und Computermodelle eingesetzt wird. Aus Standortkarte und Bestandeskarte kann der Abflusskoeffizient bestimmt werden. Das Verbesserungspotential kann bestimmt werden, indem anstatt die Bestandeskarte ideale Bestände angenommen werden.

Markus Gächter:  
Bearbeitet Projekt, in dem Hochwasserschutzwälder ausgeschieden werden. Gute Hochwasserschutzwälder sind auf tiefgründigen Böden mit viel Skelett und ohne Stauhorizont.

Peter Lüscher:  
Die Arbeiten hier begannen wegen dem Abflusskoeffizient. Die Werte für den hydrologischen Atlas der Schweiz wurden auf schlechten Flyschböden erhoben.

Brächt Wasser:  
Wenn der Unterschied zwischen schlechtestem Zustand des Bestandes und idealem Zustand des Bestandes auf verschiedenen Standorten erhoben wird, so kann der Einfluss des Waldbaus abgeschätzt werden. Nur so kann festgestellt werden, ob in einem Einzugsgebiet die Waldbehandlung einen Einfluss hat.

## Fotos Objekt Pfyffe



**Bestand:** Fotostandort ② (Mulde)  
Foto IMPULS



**Bestand:** Fotostandort ① (Kuppe)  
Foto IMPULS



**Vegetationsaspekt bei ④**  
Foto IMPULS



**Profil Kuppe**  
Foto M. Frehner



**Profil Mulde**  
Foto M. Frehner

**Zustandserfassung der Weiserflächen**

Projekt-Nr.: GWG-Tagung 2000      Kanton: Bern      Gemeinde: Rüscheegg  
 Plan-Nr.:      Bestand Nr.:      Weiserfl. Nr.: Pfyffe  
 BearbeiterIn: K. Zürcher      Datum: 19. Juni 2000      Fläche (ha): 0.3 ha

**1. Lage der Weiserfläche und der Fotostandorte**

Bitte Rückseite verwenden

**2. Naturgefahren**

Gefahrenarten: Hochwasser

Hangneigung in %: 45%

Meereshöhe in m: 1560

Entstehungsgebiet       Transitgebiet       Auslaufgebiet

Bemerkungen: Neigung stark variierend

**3. Standortstyp** (kurze Beschreibung des Standorttyps und evtl. Unterschiede innerhalb der Weiserfläche):

Mosaik mit Wechsel Kuppe / Mulde:

46a (Typischer Heidelbeer-Fichten-Tannenwald) / 46s (Heidelbeer-Fichten-Tannenwald mit Torfmoos) / 49a (Typischer Schachtelhalm-Tannemischwald)

46a v.a. auf Kuppenlage, 49a v.a. in Muldenlage.

Oberboden: (Ort in Skizze angeben. Beobachtete Streuung der Humusform mit Eintrag ins Typogramm Humus)

	Rohhumus L-F-H-A <sub>h</sub>	Moder L-F-(H)-A <sub>m</sub> -A <sub>h</sub>	Mull L-(F)-A <sub>h</sub>
Auflage (in cm)	16		
	8		
	4		
	2		
Bodenfläch	2		
	2		
Durchmischung (in cm)	4		
	8		
	16		

siehe Bodenprofil

Bemerkungen:

Vegetation: (Gesamtdeckung in 1/10)

Aspektbest. Arten:	Deckung (evtl. Ort in Skizze angeben):
Dryopteris dilatata	3
Vaccinium myrtillus	2
Blechnum spicant	2
Oxalis acetosella	2
Majanthemum bifolium	1
weitere Arten siehe Rückseite	

**4. Mischung:**

Art:	Grad in %:	Form:	Verjüngung (Deckung in 1/10 und Form)	
			Ansamung/Anwuchs:	Aufwuchs:
Fi	100%	h	+	e
Vb	-		++	e + e

**6. Zustand Stabilitätsträger:**

Merkmal:	Fi			
Entwicklungsstufe:	BH II			
Schlankheitsgrad:	70			
Stand/Verankerung:	m-g			
Kronenlänge:	55%			

**7. Zustand Verjüngung:**

Merkmal:	Baumarten:								
	1	Vb	2	1	2	1	2	1	2
Schlussgrad:	++	+	+	-					
Oberhöhe:	40	100	20	-					
Habitus Gipfeltrieb:	1	1(s)	1	-					
Vegetationskonkurrenz:	klein								

Falls Verteilung der Verjüngung nicht gleichmässig, Gruppen mit Baumarten-Symbol in Skizze eintragen (1 = Anwuchs, 2 = Aufwuchs)

**5. Gefüge:**

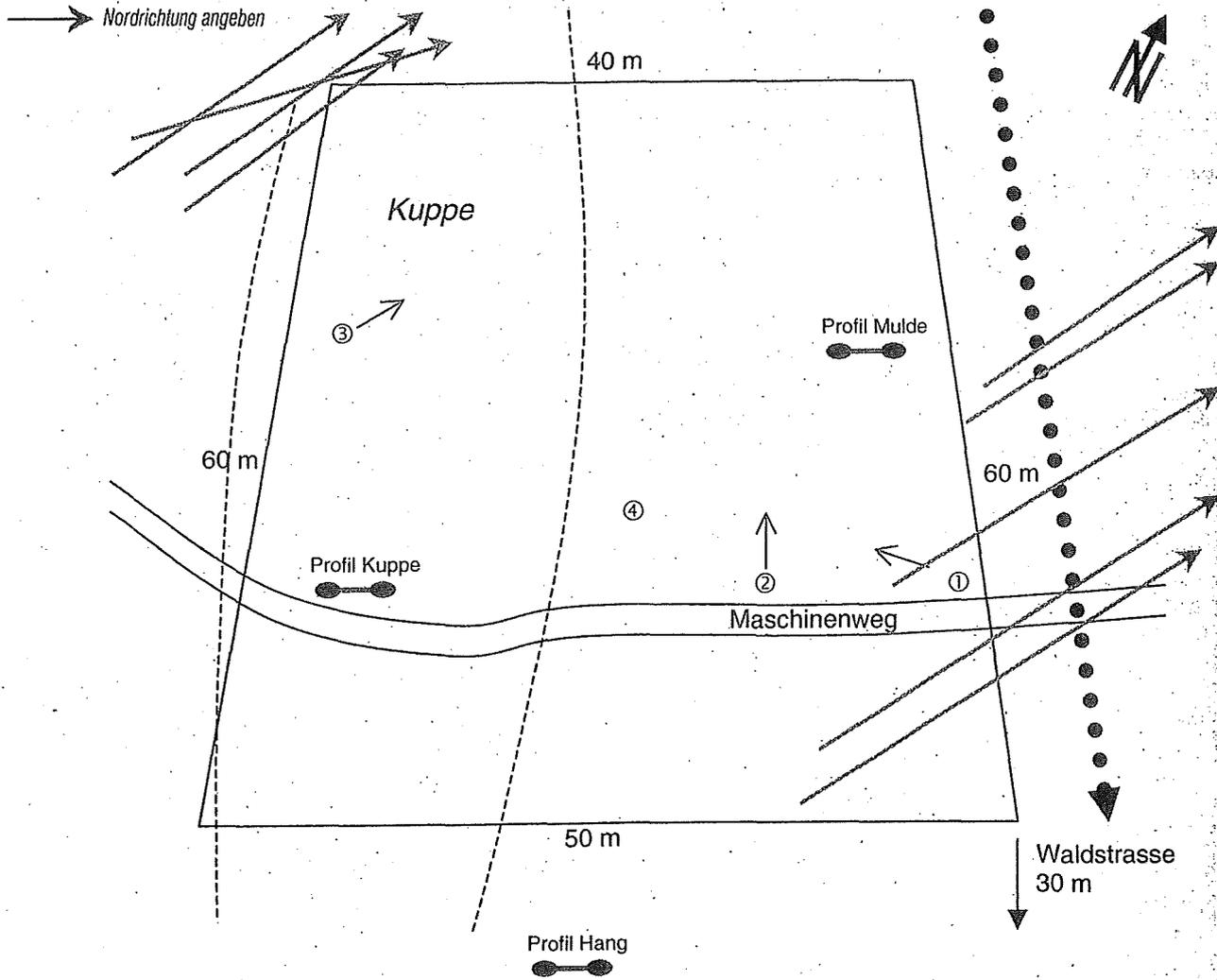
	Bestand:	Bemerkungen:
vertikal:	e	Aufforstung
Ø-Streuung:	k - m	
Kollektivbildung:	k - l	
Deckung in 1/10:	65 %	
Schlussgrad:	l - r	
max. Lückenbr. in m:	15	
max. Lückenl. in m:	15	
entwicklungsf. B/ha:	120	
Stammzahl/ha:	300	

**8. Schäden an Verjüngung und Bestand:**

(Baumart, Entwicklungsstufe, Schadenart und -intensität angeben)

Windwurf einzelner Bäume (s. Skizze)

1. Lage und Grenzen der Weiserfläche und Lage der Fotostandorte (Skizze):



Fotos: 1 = Aufnahmestandort 2 = Aufnahmeummer  
3 = Aufnahmerichtung 4 = Brennweite (mm)

1	2	3	4	Bemerkungen
①	1		50	Bestand mit Profil Kuppe
②	2		50	Bestand im Bereich Mulde
③	3		50	Bestand im Bereich Kuppe
④	4	--	50	Vegetationsaspekt

Legende zur Skizze:

	geworfene Fichtenstämme
	Graben

9. Bemerkungen (z.B. Bestandesgeschichte, Vorrat u.a.):

weitere Arten der Krautschicht:

Petasites albus, Ajuga reptans, Polytrichum formosum, Homogyne alpina, Adenostyles alliariae, Luzula sylvatica, Dicranum sp., Hieracium murorum, Sorbus aucuparia, Vaccinium vitis-idaea, Caltha palustris.

Der Bestand ist aus einer Aufforstung entstanden.

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.: \_\_\_\_\_ Fläche (ha): \_\_\_\_\_ Datum: 22.8. Bearbeiter/in: Pfyffe Hang (Ind. Kuppe)

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

Typischer Heldenbeer-Tannen-Tichtenwald

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

Hochwasser auf Gurnigelflysch

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwandverhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	Ta 25% - 50% F 50% - 75% Vb Samenbäume				
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	stufig BHD-Streuung mittel				
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückenbreite, Stammzahl)	Einzelbäume Kleinkollektive Deckungsgrad > 60%				
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	Kronenlänge > 1/2 Schlankh. < 80 Verankerung gut				
• Verjüngung - Keimbett	alle 15m Moderholz oder Vorbeerwäldchen 1/4 der Fläche ohne grosse Vegetationskatast.				
- Ansamung/Anwuchs	auf mind. 1/3 der Verjüngungsgünstigen Fläche F + Ta		Einleitung Verjüngung: 2-3 Öffnungen/ha à 15m x 30m, Achtung Borkenkäfer, Störze	X	X
- Aufwuchs	auf 1/10 der Fläche F, Ta		hoch wegen Einzel- schub für Tannen- pflanzung (15/Öffnung 50/ha)	X	X
• Durchwurzlung=ideal - Stark-, Grob- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	Starkwurzeln: wenig Grobwurzeln: mässig Feinwurzeln: viel 100cm				

minimal      ideal

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja   
nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein	mittel	gross
	X	

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.:      Fläche (ha):      Datum: 22.8.      Bearbeiter/in: Pfyffe Kuppe

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

Heidelbeer-Tannen-Fichtenwald

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwandverhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	60% T, 40% N N: Samenbäume		(T) stehen lassen wo vorhanden		
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	zweischichtig BHD Steuerungsmittel				
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückenbreite, Stammzahl)	Einzelbäume, evtl. Kleinkollektive		Gruppenplenterdurchforstung, Verjüngung	ja	ja
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	Krone > 1/2 SG < 80 Stand: gut				
• Verjüngung - Keimbett	alle 15m Mahdholz od. Vogelbeerwildhecke 1/3 Fläche ohne Vog. Konkurrenz				
- Ansamung/Anwuchs	Auf mind. 1/3 der Verjüngungsgünstige Fläche		Licht auf Boden T: Pflanzen	ja	ja
- Aufwuchs	auf 1/3 oder Fläche Mischung zidgedeut				
• Durchwurzelung - Stark- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	wenig SW mässig GW viel FW		Gruppenplenterdurchforstung T: (Pflanzung)	ja	ja

minimal      ideal

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja  nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein	mittel	gross
	X → X	
	Laubholz	

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	65%	2	40-80%	2	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	> 75%	2	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	55%	1	> 1/2	1	0%	0	
Mischung	100% Fi	2	> 70% NH	2	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>gut</b>	<b>8</b>	<b>sehr gut</b>	<b>10</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	> 75%	2	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	L-Horizont	1	L-Horizont	1	L-Horizont	1	
Humusform	Mull	1	Mull	1	Mull	1	
Durchmischungstiefe	25	1	> 8 cm	1	> 8 cm	1	
mechanische Verdichtung	keine	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	diff. Rostflecken	2	<--	2	<--	2	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>mässig</b>	<b>10</b>	<b>gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>11</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr	60 cm	<--	60 cm	<--	60 cm	
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	einschichtig	0	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	wenige	1	wenige	1	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	mässig	2	viele	3	mässig	2	
Makroporen	mässig	2	mässig	2	mässig	2	
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	wenige	1	wenige	1	wenige	1	
Teilbewertung	schlecht	7	gut	13	schlecht	6	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	Reduktionsf.	0	<--	0	<--	0	
Bodenentwicklung	roh	0	<--	0	<--	0	
Skelettgehalt	20%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>mässig</b>		<b>schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	60 cm	6	60 cm	6	60 cm	6	
Skelettgehalt in %	20%	0.8	<--	0.8	<--	0.8	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 3, 4	16	<--	16	<--	16	Lagerungsdichte normal
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>77</b>		<b>77</b>		<b>77</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>mässig</b>		<b>gut</b>		<b>gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	<b>mässig</b>	<b>0.6</b>	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>11 mm</b>		<b>16 mm</b>		<b>11 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		<b>3 mm</b>		<b>4 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>86 mm</b>		<b>80 mm</b>		<b>89 mm</b>	
3 Speicherung		<b>11 mm</b>		<b>16 mm</b>		<b>11 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 langsamer Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht
Infiltration	mässig	gut	gut
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	mässig 0.6	schlecht 0.4
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	11 mm	16 mm	11 mm
Ermittlung der Senken (In mm)			
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	86 mm	80 mm	89 mm
3 Speicherung	11 mm	16 mm	11 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung; 60 mm Regen			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht				
Infiltration	mässig	gut	gut				
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	mässig 0.6	schlecht 0.4				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr 60 cm	<-- 60 cm	<-- 60 cm				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	23 mm	34 mm	23 mm				
Ermittlung der Senken (In mm)							
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	34 mm	14 mm	37 mm				
3 Speicherung	23 mm	34 mm	23 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	52 mm	60 mm				

# Einfluss Wald auf Hochwasser

Pfyffe Hang

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	65%	2	> 80%	4	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	25-75%	1	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	55%	1	> 1/2	1	0%	0	
Mischung	100% Fi	2	>70% NH	2	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>gut</b>	<b>8</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	25-75%	1	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	L-Horizont	1	mächtige Aufl.	2	mächtige Aufl.	2	
Humusform	Moder	0.5	Rohhumus	0	Rohhumus	0	
Durchmischungstiefe	4 cm	0.5	< 8 cm	0.5	< 8 cm	0.5	
mechanische Verdichtung	keine	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>gut</b>	<b>11</b>	<b>gut</b>	<b>11.5</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12.5</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr	100 cm	<--	100 cm	<--	100 cm	
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	einschichtig	0	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	wenige	1	wenige	1	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	mässig	2	viele	3	mässig	2	
Makroporen	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	wenige	1	wenige	1	wenige	1	
Teilbewertung	<b>schlecht</b>	<b>6</b>	<b>gut</b>	<b>13</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>5</b>	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	diffuse Rostfl.	3	<--	3	<--	3	zeitweise Reduktionf.
Bodenentwicklung	(B)	1	<--	1	<--	1	
Skelettgehalt	10%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	<b>mässig</b>	<b>5</b>	<b>mässig</b>	<b>5</b>	<b>mässig</b>	<b>5</b>	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>gut</b>		<b>schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	100 cm	10	100 cm	10	100 cm	10	
Skelettgehalt in %	10%	0.9	<--	0.9	<--	0.9	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 3, 4	16	<--	16	<--	16	Lagerungsdichte normal
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>144</b>		<b>144</b>		<b>144</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>gut</b>		<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	<b>gut</b>	<b>0.8</b>	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>38 mm</b>		<b>75 mm</b>		<b>38 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (Ih mm)</b>							
1 Interzeption		<b>3 mm</b>		<b>4 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>59 mm</b>		<b>21 mm</b>		<b>62 mm</b>	
3 Speicherung		<b>38 mm</b>		<b>75 mm</b>		<b>38 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 langsamer Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht
Infiltration	gut	gut	sehr gut
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	gut 0.8	schlecht 0.4
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	38 mm	75 mm	38 mm
Ermittlung der Senken (in mm)			
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	59 mm	21 mm	62 mm
3 Speicherung	38 mm	75 mm	38 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung, 60 mm Regen			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht				
Infiltration	gut	gut	sehr gut				
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	gut 0.8	schlecht 0.4				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr 100 cm	<-- 100 cm	<-- 100 cm				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	50 mm	99 mm	50 mm				
Ermittlung der Senken (in mm)							
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	7 mm	0 mm	10 mm				
3 Speicherung	50 mm	56 mm	50 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	60 mm	60 mm				

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Pfyffe Kuppe

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	65%	2	> 80%	4	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	25-75%	1	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	55%	1	>½	1	0%	0	
Mischung	100% Fi	2	>70% NH	2	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>gut</b>	<b>8</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	60%	1	25-75%	1	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	mächtige Aufl.	2	mächtige Aufl.	2	mächtige Aufl.	2	
Humusform	Rohhumus	0	Rohhumus	0	Rohhumus	0	
Durchmischungstiefe	> 8 cm	1	< 8 cm	0.5	< 8 cm	0.5	
mechanische Verdichtung	keine	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	<b>gut</b>	<b>11.5</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12.5</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	nein		<--		<--		
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	einschichtig	0	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	keine	0	wenige	1	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	mässig	2	viele	3	mässig	2	
Makroporen	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	keine	0	keine	0	keine	0	
<b>Teilbewertung</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>4</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>4</b>	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	fahl-rot	3	<--	3	<--	3	
Bodenentwicklung	A/SB	2	<--	2	<--	2	
Skelettgehalt	10%	1	<--	1	<--	1	
<b>Teilbewertung</b>	<b>mässig</b>	<b>6</b>	<b>mässig</b>	<b>6</b>	<b>mässig</b>	<b>6</b>	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>gut</b>		<b>schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	150 cm	15	150 cm	15	150 cm	15	
Skelettgehalt in %	10%	0.9	<--	0.9	<--	0.9	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 2, 3	16	<--	16	<--	16	Lagerungsdichte normal
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>216</b>		<b>216</b>		<b>216</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>langsamer Abfluss</b>		<b>langsamer Abfluss</b>		<b>langsamer Abfluss</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>gut</b>		<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	<b>gut</b>	<b>0.8</b>	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>66 mm</b>		<b>133 mm</b>		<b>66 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		<b>3 mm</b>		<b>4 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>30 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>30 mm</b>	
3 Speicherung		<b>66 mm</b>		<b>96 mm</b>		<b>66 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 langsamer Abfluss im Boden		<b>1 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>4 mm</b>	

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht
Infiltration	gut	gut	sehr gut
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	gut 0.8	schlecht 0.4
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	66 mm	133 mm	66 mm
Ermittlung der Senken (In mm)			
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	30 mm	0 mm	30 mm
3 Speicherung	66 mm	96 mm	66 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 langsamer Abfluss im Boden	1 mm	0 mm	4 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

## Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung, 60 mm Regen			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht				
Infiltration	gut	gut	sehr gut				
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	gut 0.8	schlecht 0.4				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	nein -	<-- -	<-- -				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	78 mm	157 mm	78 mm				
Ermittlung der Senken (In mm)							
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	0 mm	0 mm	0 mm				
3 Speicherung	57 mm	56 mm	60 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 langsamer Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	60 mm	60 mm				

## **Pfyffe:**

### **Präsentation Pfyffe Kuppe:**

Roland Métral, Andreas Kayser, Ernst Zeller, Hans Romang, Philip Mösch, Marco Delucchi

#### **1. Situation**

- Ancienne afforestation d'épicéas sur pâturage
- Date de la plantation : 1920 environ

#### **2. Profil pédologique**

Il indique les potentialités suivantes :

- Possibilité de créer à long terme un enracinement relativement dense en profondeur
- D'où une amélioration sensible de la capacité de rétention en eau.

#### **3. Commentaires liés aux buts et aux interventions pour les atteindre**

Commentaires : Etant donné l'instabilité et l'âge du peuplement le groupe a opté pour les démarches suivantes :

- agir au niveau du rajeunissement et favoriser les cellules de sorbiers des oiseleurs déjà existantes en pratiquant des ouvertures orientées soit au soleil levant, soit au soleil couchant.
- créer ainsi à long terme un peuplement étagé par groupe (ou en forme de mosaïque).
- compléter le rajeunissement existant mis en lumière par la plantation de sapins blancs.
- lors du martelage, ne pas déstabiliser plus le peuplement et maintenir à tout prix les groupes d'épicéas ayant de longues couronnes en bordure et qui créent ainsi une lisière à l'intérieur du massif.

A noter qu'aucun sapin blanc n'a été recensé dans la placette témoin. Il y en a, cependant, quelques-uns sur l'ensemble de cette afforestation. Ces rares exemplaires doivent être maintenus pour leur rôle de semencier.

### **Präsentation Pfyffe Hang:**

Francois Bossel; Ulrich Vogt, Thomas Rageth, Walter Schönenberger, Heinrich Hofstetter, Monika Frehner

Änderung der minimalen Kriterien im Vergleich zu Anhang 2: Wir sind noch hochmontan, aber schon nahe bei der subalpiner Stufe. Deshalb wurde der Tannenanteil reduziert.

Minimale Kriterien, die wegen Hochwasser eingeführt wurden: Im Gefüge wird stufig anstatt zweischichtig angestrebt und ein Deckungsgrad von mindestens 60 % verlangt.

Massnahmen: da wegen Lothar etc. schon einige Öffnungen bestehen, können auch bestehende Öffnungen verwendet werden, um Tannen zu pflanzen. Für die Einleitung der Verjüngung werden zusammen mit den bestehenden Öffnungen, die mind. 15m x 30 m aufweisen, 2 – 3 Öffnungen pro ha angestrebt.

Bemerkungen zur Anleitung: Die Anspache der „Hydrophobie der Auflage“ ist nicht auf andere Regionen übertragbar (trockene Nadelstreu wirkt hydrophob). Die Stark-, Grob- und Feinwurzeln sollten in der Anleitung und auf dem Formular in der gleichen Reihenfolge aufgeführt werden.

### **Diskussion:**

Leitung Raphael Schwitter:

Es handelt sich um ein grosses Einzugsgebiet mit einem kleinen Bewaldungsprozent. Waldfunktion: multifunktionaler Wald, Schutz, Erholung und Naturschutz gleich wichtig, Holzproduktion weniger wichtig.

Markus Gächter:

Es ist gefährlich, ein Bodenprofil in der Rutschungsmasse anzusprechen (Profil Hang), es ist nicht repräsentativ, der Stauhorizont liegt tiefer als normal.

Brächt Wasser:

Der Boden ist typisch für den Standort. Der Stauhorizont ist wegen dem hohen Sandanteil tief.

In offenen Profilen wird die Mächtigkeit des Wurzelraumes auf 150 cm festgelegt, im Flysch ist er kaum grösser.

Leider wurde hier kein Beregnungsversuch durchgeführt, sonst könnte die schlechte Beurteilung der Durchlässigkeit überprüft werden. Nach der Ansprache hat es wenig Risse, Hohlräume und Makroporen. Deshalb sind Makroporen, die durch Wurzeln entstehen, wichtig.

Erkennen der Makroporen: die Verlagerung von organischem Material erfolgt durch Makroporen, zudem sind Fahl-Rotfärbungen bei Makroporen konzentriert vorhanden.

Werner Frey:

Prinzip: schlechtes Bodenprofil auswählen, mit Idealbestand vergleichen, Handlungsbedarf ableiten.

Brächt Wasser:

Auch die Wurzelbohrungen zeigen eine schlechte Durchwurzelung.

Francois Bossel:

Die Beurteilung der Makroporen und der Durchwurzelung ist schwierig. Auf 10 cm x 10 cm können kaum > 10 Stark- oder Grobwurzeln vorhanden sein, das heisst, es kann gar nie viele Stark- oder Grobwurzeln haben. Der Standort des Profils spielt eine grosse Rolle.

Thomas Rageth:

Die Anleitung ergibt folgende Aussage: in einem einschichtigen Bestand ist dieses relativ schlechte Profil 4 mal häufiger als in einem stufigen Bestand.

Arthur Sandri:

Die Durchwurzelung ist entscheidend, damit bei kurzfristigen Ereignissen der Boden als Speicher ausgenützt werden kann. Die Methode als Ganzes ist gut, die Ansprache der Durchwurzelung muss noch verbessert werden.

Brächt Wasser:

Das Profil ist repräsentativ für stabile Böden im Flysch. Die Bewertung und das Potential müssen noch diskutiert werden. Mit einer regionalen Eichung soll das Potential und die Beeinflussbarkeit pro Standorttyp erfasst werden. Das Resultat soll in der ganzen Region angewendet werden.

Arthur Sandri:

Eine qualitative Aussage in bezug auf die Hochwasserwirkung des Wales ist wichtig, deshalb muss diese Arbeit gemacht werden.

Willi Eyer:

Der heutige Bestand und ein Bestandeszusammenbruch wurden gleich bewertet, das heisst, der Oberflächenabfluss bleibt gleich. Spielt die Evapotranspiration keine Rolle? Wurde sie bewusst ausgelassen?

Kaspar Zürcher:

Die Transpiration wurde über Durchwurzelung und Stufigkeit erfasst. Mit einer guten Durchwurzelung wird der Speicher nicht nur besser gefüllt, es leert sich auch schneller. Der Einfluss der Transpiration nimmt zu, wenn zwischen dem Vorereignis und dem Hauptereignis mehr Zeit liegt als beim angenommenen Szenarium.

Philip Mösch:

Ist Ahornfän. Er möchte gerne Ahorn haben (als Laubproduzent und für die Durchwurzelung, nicht für die Holzproduktion), es hat hier eine intensive Verjüngung in der Nähe von alten Ahornen.

Förster:

Der Ahorn keimt gut, er hat aber Mühe zum Aufkommen. In der Aufforstung wurden zum Teil flächig Ahorne gepflanzt, er hatte aber Mühe. Als Strauch ist der Ahorn möglich, als Baum kaum.

Brächt Wasser:

Ahorn soll vor allem in Mulden mit weniger tiefem pH gefördert werden.

Raphael Schwitter:

Bringt die Tanne hier etwas für die Hochwasserproblematik? Ist stufig nötig oder genügt zweischichtig?

Arthur Sandri:

Es fehlen noch zwei Schritte: was ist die Bedeutung der Fläche für das Einzugsgebiet? Was macht der Oberflächenabfluss bis zu Gerinne?

Raphael Schwitter:

Die Bedeutung für das Einzugsgebiet ist eine andere Diskussion. Die Frage ist hier: können wie die Wirkung erzielen, die die Bodenkunde wünscht?

Brächt Wasser:

Falls 30 % der Standorte im Einzugsgebiet ähnlich sind, ist die Tanne wichtig. Die Tanne ist aber hier an der oberen Grenze. Eine Stufigkeit im Bestand gibt auch eine Stufigkeit in der Durchwurzelung. Die Tanne ist auch wegen dem Borkenkäfer wichtig.

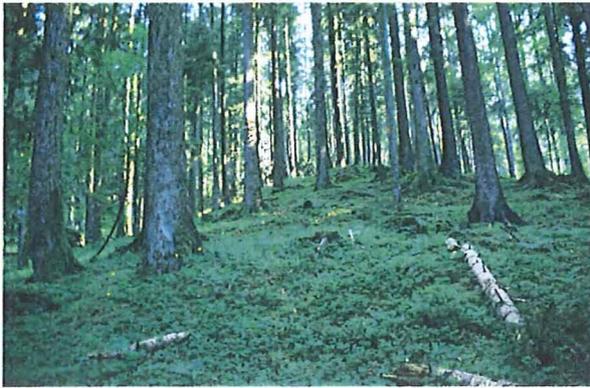
Ernst Ott:

Mit der Tanne haben wir den Vorteil, dass ständig ein Verjüngungsvorrat da ist. Die Wälder auf diesen Standorten sind störungsanfällig. Ohne Tanne ist der Bestand nie nachhaltig.

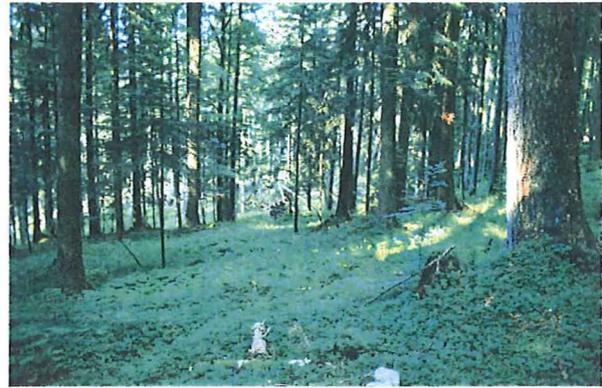
Peter Ettliger:

Am Gurnigel wurden etwa 10 % Tanne gepflanzt, meist auf den nassen Standorten. Die Fichte hat als Pionier besser abgeschnitten. Die Tanne muss in der 2. Generation eingebracht werden. Unter dem Schirm der Vogelbeere ist das Einbringen der Tanne auch auf den Lotharflächen möglich.

## Fotos Objekt Unter Scheidwald



**Bestand:** Fotostandort ① / Richtung 1  
Foto IMPULS



**Bestand:** Fotostandort ① / Richtung 2  
Foto IMPULS



**Vegetationsaspekt 46s** bei ①  
Foto IMPULS



**Vegetationsaspekt 49a** bei ②  
Foto IMPULS



**Profil Kuppe**  
Foto WSL



**Profil Mulde**  
Foto WSL

**Zustandserfassung der Weiserflächen**

Projekt-Nr.: GWG-Tagung 2000      Kanton: Bern      Gemeinde: Rüscheegg  
 Plan-Nr.:                                      Bestand Nr.:                                      Weiserfl. Nr.: Unter Scheidwald  
 BearbeiterIn: B. Wasser                      Datum: 19. Juni 2000                      Fläche (ha): 0.7 ha

**1. Lage der Weiserfläche und der Fotostandorte**

Bitte Rückseite verwenden. →

**2. Naturgefahren**

Gefahrenarten: Hochwasser

Hangneigung in %: 20%  
 Meereshöhe in m: 1030  
 Bemerkungen: keine

Entstehungsgebiet       Transitgebiet       Auslaufgebiet

**3. Standortstyp** (kurze Beschreibung des Standorttyps und evtl. Unterschiede innerhalb der Weiserfläche):

flachere Hangpartien 49a (Typischer Schachtelhalm-Tannenmischwald),  
 Kuppenlagen 46s (Heidelbeer-Fichten-Tannenwald mit Torfmoos)

Oberboden: (Ort in Skizze angeben. Beobachtete Streuung der Humusform mit Eintrag ins Typogramm Humus)

Auflage (in cm)	Rohhumus L-F-H-A <sub>h</sub>		Moder L-F-(H)-A <sub>hh</sub> -A <sub>h</sub>		Mull L-(f)-A <sub>h</sub>	
	16	8	16	8	16	8
16						
8						
4						
2						
2						
2						
4						
8						
16						

**siehe Bodenprofil**

Durchmischung (in cm)

Bemerkungen:

Vegetation: (Gesamtdeckung in 1/10)

Aspektbest. Arten:	Deckung (evtl. Ort in Skizze angeben):
49a: Athyrium filix-femina	3
Equisetum silvaticum	3
46s: Vaccinium myrtillus	3
Equisetum silvaticum	2
Hylocomium splendens	2

weitere Arten siehe Rückseite

**6. Zustand Stabilitätsträger:** Baumarten:

Merkmale:	Fi	Ta	(Bu)
Entwicklungsstufe:	Alth	Alth	BH II
Schlankheitsgrad:	60	60	60
Stand/Verankerung:	m-s	m	m
Kronenlänge:	50%	60%	65%

**4. Mischung:**

Art:	Grad in %:	Form:	Verjüngung (Deckung in 1/10 und Form)	
			Ansamung/Anwuchs:	Aufwuchs:
Fi	60%	e-h	+	(+)
Ta	40%	e-gr	+	-
Bu	+	e	+	(+)

**7. Zustand Verjüngung:** Baumarten:

Merkmale:	Fi		Ta		Bu	
	1	2	1	2	1	2
Schlussgrad:	++	+	+	-	++	+
Oberhöhe:	40	300	10	-	40	150
Habitus Gipfeltrieb:	s	s	m	-	m	m
Vegetationskonkurrenz:	49a: mittel / 46s: klein					

Falls Verteilung der Verjüngung nicht gleichmässig, Gruppen mit Baumarten-Symbol in Skizze eintragen (1 = Anwuchs, 2 = Aufwuchs)

**5. Gefüge:**

	Bestand:	Bemerkungen:
vertikal:	Z	
Ø-Streuung:	m-(g)	Aufwuchs fehlt
Kollektivbildung:	k	plenterartig
Deckung in 1/10:	80 %	
Schlussgrad:	g-l	
max. Lückenbr. in m:	5	
max. Lückenl. in m:	12	
entwicklungsf. Bl/ha:	100	
Stammzahl/ha:	300	

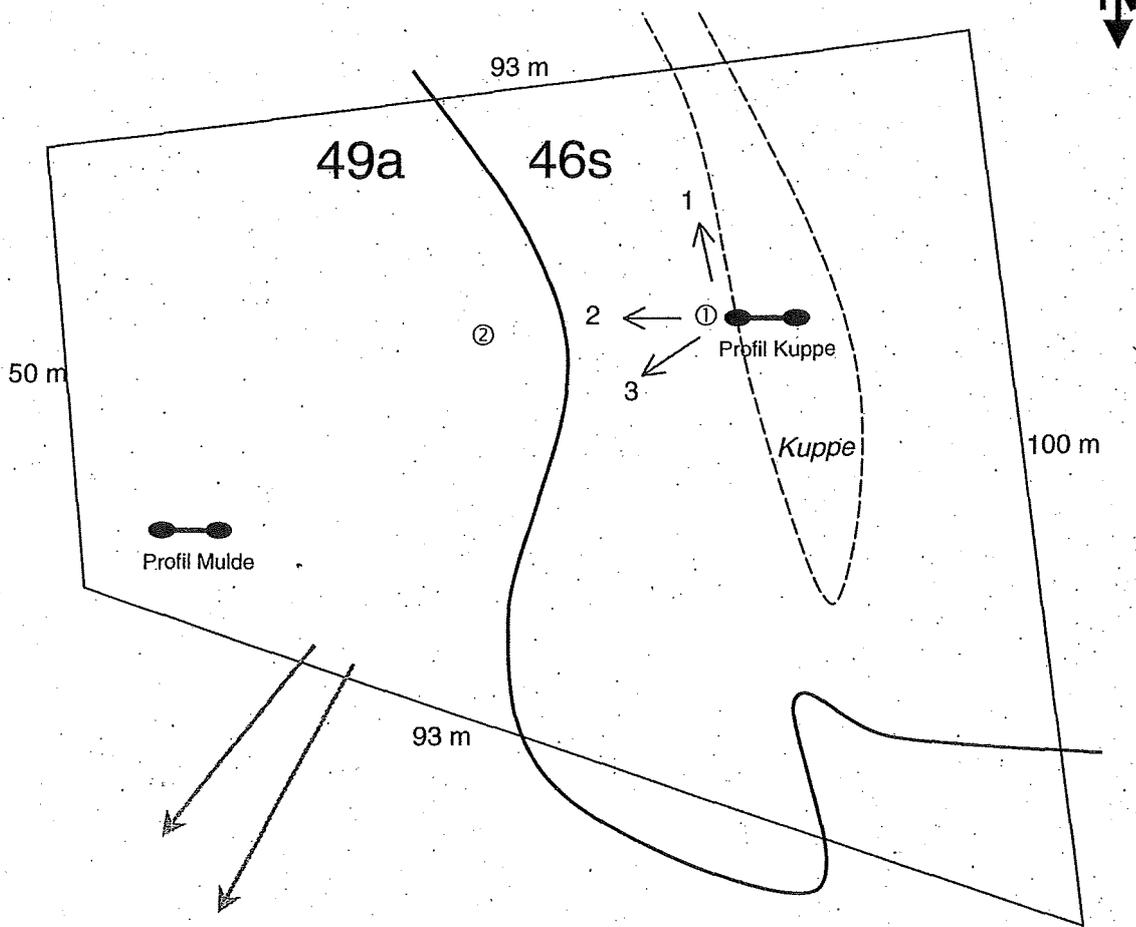
**8. Schäden an Verjüngung und Bestand:**

(Baumart, Entwicklungsstufe, Schadenart und -intensität angeben)

- mehrere Bäume schiefstehend
- Stelzwurzeln (v.a. in stärkeren Mulden)

1. Lage und Grenzen der Weiserfläche und Lage der Fotostandorte (Skizze):

→ Nordrichtung angeben



Fotos: 1 = Aufnahmestandort 2 = Aufnahmeummer  
3 = Aufnahmeichtung 4 = Brennweite (mm)

1	2	3	4	Bemerkungen
①	1		50	Bestandesbild 46s
①	2		50	Bestandesbild 46s / 49a
①	3		50	Bestandesbild 46s / 49a
①	4	-	40	Vegetationsaspekt 46s beim Profil
②	5	-	40	Vegetationsaspekt 49a

Legende zur Skizze:

→ geworfene Fichtenstämme

9. Bemerkungen (z.B. Bestandesgeschichte, Vorrat u.a.):

weitere Arten der Krautschicht:

49a: *Dryopteris filix-mas*, *Sanicula europaea*, *Carex silvatica*, *Hordelymus europaeus*, *Lastrea dryopteris*, *Oxalis acetosella*, *Viola silvatica*, *Galium odoratum*, *Carex remota*, *Circaea lutetiana*, *Ranunculus lanuginosus*, *Ranunculus aconitifolius*, *Stachys silvatica*, *Caltha palustris*.

46s: *Sphagnum spec.*, *Dicranum sp.*, *Galium rotundifolium*, *Polytrichum formosum*, *Hieracium murorum*, *Fragaria vesca*, *Dryopteris dilatata*, *Sanicula europaea*.

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.: 3b Fläche (ha): \_\_\_\_\_ Datum: 22.8. Bearbeiter/in: Scheidwald Kuppe

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

46 Heidelbeer-Tannen-Fichtenwald mit Tendenz gegen 20' Hochtaiden-Tannen-Buchenwald

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

Weniger Oberflächenabfluss → Weniger Wasserzufuhr Mulde

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwandverhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	40 Fi 40 Ta 20 Bu		Eingriff zugunsten von Ta + Bu	Ja	Ja
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	stufig Grass		Planterdurchforstung	Ja	Ja
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückenbreite, Stammzahl)	Einzelbäume locker		dito	Ja	Ja
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	Kronenlänge > 1/3 < 70, gute Verank.		dito	Ja	Ja
• Verjüngung - Keimbett	1/3 der Fläche ohne starke Vegetationskonkurrenz		dito	Ja	Ja
- Ansamung/Anwuchs	Auf > 3/4 der Verjüngungsgünstigen Fläche		dito Regulierung Wildbestand	Ja	Ja
- Aufwuchs	Fi, Ta, Bu, Vb auf 1/5 der Fläche		dito Regulierung Wildbestand	Ja	Ja
• Durchwurzelung - Stark-, Grob- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	mässig bis tiefe undurchlässige Schicht		dito	Ja	Ja

minimal ideal

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja  nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein	mittel	gross
	X	

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

**Entscheidungshilfe "Minimale Pflegemassnahmen" Weiserfläche (Vorprojekt)**

Weiserfläche-Nr.: Fläche (ha): Datum: 12.8. Bearbeiter/in: Scheidwald Mulde

**1. Standortstyp** (Welcher Standortstyp - aus Anhang 2 - wurde als Grundlage gewählt?)

49(27) Schachtelhalm-Tannen-Fichtenwald im Übergang zum Buchschesenwald

**2. Naturgefahren** Welche Ergänzungen sind aufgrund der Beurteilung der Naturgefahr Hochwasser notwendig?

**3. Bewertungsschema für Zustand und Entwicklungstendenz**

Bestandes- und Einzelbaum-Merkmale	"Soll-Zustand" angeben	Zustand und Entwicklungstendenz in 10 und 50 Jahren	wirksame Massnahmen angeben	Aufwand verhältnismässig?	Realisierbarkeit?
• Mischung (Art und Grad)	50 Ta 25 F 25 Laubb.		Pflanzung Es, Ah, Er	-h	ja
• Gefüge - vertikal/Ø-Streuung	stufig		"	"	"
Gefüge - horizontal (Deckungsgrad, Lückenbreite, Stammzahl)	DG 40-80%		"	"	"
• Stabilitätsträger - Kronen-/Schlankheitsgrad	SG < 80/70 Kronen > 1/2				
• Verjüngung - Keimbett	Modellhdz < 10m keine starke Vegetationskarikaturen		keine Holznutzung	j	j
- Ansamml./Anwuchs	mind. 3/4 der Verjüngungsgünstigen Fläche		Jagd		
- Aufwuchs					
• Durchwurzelung - Stark-, Grob- und Feinwurzeln - Mächtigkeit Wurzelraum	- Ideelbestand (Wurzeln) Wurzeldraum > 50%		Pflanzung Laubholz		

minimal ideal

**4. Handlungsbedarf:**

Handlungsbedarf ist begründet, falls entscheidendes Merkmal < minimal, wirksame Massnahmen realisierbar und verhältnismässig sind.

Handlungsbedarf: ja   
nein

**5. Dringlichkeit:** (nur ausfüllen, wenn Handlungsbedarf = ja)

klein <input checked="" type="checkbox"/>	mittel <input type="checkbox"/>	gross <input type="checkbox"/>
--	------------------------------------	-----------------------------------

(Zutreffendes ankreuzen, Erklärung siehe Anhang Nr. 5)

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Scheidwald Kuppe

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	80%	3	> 80%	4	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	>75%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	25-50%	0.5	> 50%	1	0%	0	zweischichtig
Mischung	100% NH	2	> 70% NH	2	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>sehr gut</b>	<b>11</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	>75%	2	25-75%	1	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	mächtige Aufl.	2	mächtige Aufl.	2	mächtige Aufl.	2	
Humusform	Rohhumus	0	Rohhumus	0	Rohhumus	0	
Durchmischungstiefe	sehr gering	0.5	<8 cm	0.5	<8 cm	0.5	
mechanische Verdichtung	keine	4	<10%	4	<10%	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12.5</b>	<b>gut</b>	<b>11.5</b>	<b>sehr gut</b>	<b>12.5</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr.	56 cm	<--	56 cm	<--	56 cm	
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	zweischichtig	2	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	wenige	1	wenige	1	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	mässig	2	vielen	3	mässig	2	
Makroporen	mässig	2	mässig	2	mässig	1	
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	keine	0	keine	0	keine	0	
Teilbewertung	<b>schlecht</b>	<b>8</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>4</b>	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	fahl-rot	3	<--	3	<--	3	
Bodenentwicklung	(E)Bh/(Go)Bfe	2	<--	2	<--	2	
Skelettgehalt	10-20%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	<b>mässig</b>	<b>6</b>	<b>mässig</b>	<b>6</b>	<b>mässig</b>	<b>6</b>	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>gut</b>		<b>schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	56 cm	6	56 cm	6	56 cm	6	
Skelettgehalt in %	15%	0.85	<--	0.85	<--	0.85	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 3, 7, (6)	18	<--	18	<--	18	Lagerung locker-dicht
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>92</b>		<b>92</b>		<b>92</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>kein Abfluss in Boden</b>		<b>kein Abfluss in Boden</b>		<b>kein Abfluss in Boden</b>		
<b>Zusammenfassung und Ergebnis-Szenario</b>							
Interzeption	<b>sehr gut</b>		<b>sehr gut</b>		<b>sehr schlecht</b>		
Infiltration	<b>sehr gut</b>		<b>gut</b>		<b>sehr gut</b>		
Durchlässigkeit (Index)	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	<b>gut</b>	<b>0.8</b>	<b>schlecht</b>	<b>0.4</b>	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		<b>17 mm</b>		<b>33 mm</b>		<b>17 mm</b>	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		<b>4 mm</b>		<b>4 mm</b>		<b>0 mm</b>	
2 Oberflächenabfluss		<b>79 mm</b>		<b>63 mm</b>		<b>79 mm</b>	
3 Speicherung		<b>17 mm</b>		<b>33 mm</b>		<b>17 mm</b>	
4 rascher Abfluss im Boden		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	
5 Tiefensickerung		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>		<b>0 mm</b>	

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>sehr gut</i>	<i>sehr schlecht</i>
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr gut</i>
Durchlässigkeit (Index)	<i>schlecht</i> 0.4	<i>gut</i> 0.8	<i>schlecht</i> 0.4
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	17 mm	33 mm	17 mm
Ermittlung der Senken (in mm)			
1 Interzeption	4 mm	4 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	79 mm	63 mm	79 mm
3 Speicherung	17 mm	33 mm	17 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 Tiefensickerung	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	96 mm

## Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung; 60 mm Regen			
Interzeption	<i>sehr gut</i>	<i>sehr gut</i>	<i>sehr schlecht</i>				
Infiltration	<i>sehr gut</i>	<i>gut</i>	<i>sehr gut</i>				
Durchlässigkeit (Index)	<i>schlecht</i> 0.4	<i>gut</i> 0.8	<i>schlecht</i> 0.4				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	<i>Gr</i> 56 cm	<-- 56 cm	<-- 56 cm				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	29 mm	57 mm	29 mm				
Ermittlung der Senken (in mm)							
1 Interzeption	4 mm	4 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	27 mm	0 mm	31 mm				
3 Speicherung	29 mm	56 mm	29 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 Tiefensickerung	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	60 mm	60 mm				

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Scheidwald Mulde

	aktueller Bestand		Idealbestand		Bestandes- zusammenbruch		Bemerkungen
Prozessbeurteilung	Punkte		Punkte		Punkte		
<b>Interzeption</b>							
DG Baumschicht	60%	2	40-80%	2	0%	1	
DG Kraut- / Moosschicht	100%	2	> 75%	2	> 75%	2	
Kronenlänge / -volumen	2-schichtig	0.5	> 50%	1	0%	0	
Mischung	100% NH	2	> 70% NH	2	fehlend	1	
<b>Bewertung Interzeption</b>	<b>gut</b>	<b>9</b>	<b>sehr gut</b>	<b>10</b>	<b>sehr schlecht</b>	<b>3</b>	
<b>Infiltration</b>							
DG Kraut- / Moosschicht	100%	2	>75%	2	> 75%	2	
Hydrophobie der Auflage	keine Auflage	0	keine Auflage	0	keine Auflage	0	
Humusform	Hydromull	0.5	Mull	1	Hydromull	0.5	
Durchmischungstiefe	aktiv	1	aktiv	1	aktiv	1	
mechanische Verdichtung	-	4	keine	4	keine	4	
Hydromorphie im Oberboden	keine	4	<--	4	<--	4	
<b>Bewertung Infiltration</b>	<b>gut</b>	<b>11.5</b>	<b>gut</b>	<b>12</b>	<b>gut</b>	<b>11.5</b>	
<b>Durchlässigkeit</b>							
Stauhizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr	40 cm	<--	40 cm	<--	40 cm	
<b>Durchwurzelung und Makroporen</b>							
Stufigkeit des Bestandes	2-schichtig	2	stufig	4	kein Bestand	0	
Starkwurzeln	wenige	1	wenige	1	keine	0	
Grobwurzeln	wenige	1	mässig	2	wenige	1	
Feinwurzeln	wenige	1	viele	3	wenige	1	
Makroporen	wenige	1	mässig	2	wenige	1	nach unten abnehmend
Risse / Hohlräume	keine	0	<--	0	<--	0	
Wurmgänge	wenige	1	mässig	2	wenige	1	nach unten abnehmend
Teilbewertung	schlecht	7	gut	14	sehr schlecht	4	
<b>Matrix</b>							
Hydromorphie	deutlich (5)	0	<--	0	<--	0	
Bodenentwicklung	roh	0	<--	0	<--	0	
Skelettgehalt	10%	1	<--	1	<--	1	
Teilbewertung	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	sehr schlecht	1	
<b>Bewertung Durchlässigkeit</b>	<b>schlecht</b>		<b>schlecht</b>		<b>sehr schlecht</b>		
<b>Speicherung</b>							
Mächtigkeit Wurzelraum in dm	40 cm	4	40 cm	4	40 cm	4	
Skelettgehalt in %	10%	0.9	<--	0.9	<--	0.9	
Feinerde (Multiplikator)	Typ 8	18	<--	18	<--	18	
<b>Speicherkapazität (SK) in mm</b>		<b>65</b>		<b>65</b>		<b>65</b>	
<b>Wasserfluss unterhalb des Wurzelraums</b>							
präferentielle Fliesswege?	keine		keine		keine		
stark durchlässiges Lockergestein?	nein		<--		<--		
stark durchlässiges Festgestein?	nein		<--		<--		
<b>Art des Abflusses</b>	<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		<b>kein Abfluss im Boden</b>		
<b>Zusammenfassung und Ereignis-Szenario</b>							
Interzeption	gut		sehr gut		sehr schlecht		
Infiltration	gut		gut		gut		
Durchlässigkeit (Index)	schlecht	0.4	schlecht	0.4	sehr schlecht	0.2	
verfügbare Speicherkapazität (vSK)		6 mm		6 mm		3 mm	
<b>Ermittlung der Senken (in mm)</b>							
1 Interzeption		3 mm		4 mm		0 mm	
2 Oberflächenabfluss		91 mm		90 mm		97 mm	
3 Speicherung		6 mm		6 mm		3 mm	
4 rascher Abfluss im Boden		0 mm		0 mm		0 mm	
5 Tiefensickerung		0 mm		0 mm		0 mm	

# Einfluss Wald auf Hochwasser

# Scheidwald Mulde

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht
Infiltration	gut	gut	gut
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	schlecht 0.4	sehr schlecht 0.2
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	6 mm	6 mm	3 mm
Ermittlung der Senken (In mm)			
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm
2 Oberflächenabfluss	91 mm	90 mm	97 mm
3 Speicherung	6 mm	6 mm	3 mm
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm
5 Tiefsickerung	0 mm	0 mm	0 mm
	100 mm	100 mm	100 mm

## Szenario 2

Zusammenfassung und Ereignis-Szenario				Szenario: 20 mm Speicher nicht zur Verfügung; 60 mm Regen			
Interzeption	gut	sehr gut	sehr schlecht				
Infiltration	gut	gut	gut				
Durchlässigkeit (Index)	schlecht 0.4	schlecht 0.4	sehr schlecht 0.2				
Stauhorizont? (falls ja: Tiefe in cm)	Gr 40 cm	<-- 40 cm	<-- 40 cm				
verfügbare Speicherkapazität (vSK)	18 mm	18 mm	9 mm				
Ermittlung der Senken (In mm)							
1 Interzeption	3 mm	4 mm	0 mm				
2 Oberflächenabfluss	39 mm	38 mm	51 mm				
3 Speicherung	18 mm	18 mm	9 mm				
4 rascher Abfluss im Boden	0 mm	0 mm	0 mm				
5 Tiefsickerung	0 mm	0 mm	0 mm				
	60 mm	60 mm	60 mm				

## **Scheidwald:**

### **Präsentation Scheidwald Kuppe:**

Peter Ettliger, Ruedi Zuber, Sepp Gabriel, Albert Böll, Frédéric de Pourtalès, Martin Ammann

Überlegungen zu den waldbaulichen Massnahmenvorschlägen:

Heidelbeer-Fichten-Tannenwald mit Übergängen zum Hochstauden-Tannen-Buchenwald: eine Buchenbeimischung ist möglich.

Jahrringbohrungen von A. Rigling: ungleichaltrige Bestandeszusammensetzung mit teilweise erstaunlich alten Exemplaren. Schwankungen: stets wieder Eingriffe. Letzter grösserer Eingriff (evt. Zwangsnutzung) vor 30 – 40 Jahren. Seither wächst der Bestand ein und verliert seine Ungleichaltrigkeit.

Vermutlich war der Bestand früher noch ungleichförmiger. War das Speichervermögen damals noch grösser als heute?

Ziel, ursprüngliche Ungleichförmigkeit samt entsprechen besserer Ausnützung des Wurzelraumes wieder erreichen. Baumarten minimal: 40 Fi, 40 Ta, 20 Bu; optimal: 30 Fi, 50 Ta, 20 Bu. Öffnung des Kronendaches mit Plenterdurchforstungen.

Der Eingriff ist realisierbar, ein Maschinenweg ist in der Nähe.

### **Diskussion:**

Leitung Raphael Schwitter:

Die Ansprache der Hydrophobie der Auflage ist ein Problem.

Peter Lüscher:

Über die Hydrophobie bestehen getrennte Meinungen, je nach Feuchtezustand der Oberfläche. Die Hydrophobie ist vor allem bei trockenem Klima wichtig. Das Thema muss noch diskutiert werden.

Monika Frehner:

Ein stufiger Bestand erschliesst den Boden kaum besser als ein Altbestand. Die Stufigkeit ist jedoch wichtig für die Nachhaltigkeit. Die Baumartenmischung beeinflusst die Durchwurzelung auch wesentlich.

Brächt Wasser:

Der Standort Scheidwald stellt den Anschluss zu den Standorten im Alptal her, wo der Einfluss des Waldes auf den Boden gering ist. Der Unterschied zwischen ist und ideal kann nicht so gross sein.

Peter Lüscher:

Bei normalen Bodenprofilen können die Wurzeln nicht nach Baumarten angesprochen werden. Referenzen mit Humax-Bohrungen sind wichtig.

Philipp Mösch:

Er glaubt es kaum, dass hier ein Regen von > 9mm/h Oberflächenabfluss verursacht.

Kaspar Zürcher:

Es hängt von der Intensität des Ereignisses ab.

Ruedi Zuber:

Bei liegenden Bäumen gibt es auch Interzeption. Zudem wird in den Löchern der Wurzelteller Wasser gespeichert. Er hat Mühe bei der Schätzung von Wurzeln und Makroporen.

Andreas Bacher:

Was ist die Rolle der Entwässerungsgräben?

Peter Lüscher:

Der Oberflächenabfluss ist schneller. In der Mulde wenig Wirkung seitwärts, auf Kuppen mehr Wirkung seitwärts.

Albert Böll:

Er ist hin und her gerissen.

Als Ingenieur ist bei der Hochwasserabschätzung der Abflusskoeffizient entscheidend. Bei der Beurteilung wird keine Rücksichten genommen auf solche Feinheiten.

In bezug auf die Rutschungen: In Sachseln war alles profilumfassend nass. Bei akuten Rutschungen muss aber das Wasser weggeleitet werden, es entsteht ein Interessenkonflikt.

Entwässerungsgräben bedeuten eine höhere Gerinnedichte. .

Ansätze zum Weiterführen:

Wir gehen jetzt vom Kleinen zum Grossen. Beim Problem Hochwasser gelingt es, mit solchen Ansätzen die bestehenden Methoden zu verfeinern. Wir sind deshalb weiter als vor 4 Jahren. Es ist aber noch viel Arbeit zu machen. Wenn wir jedes Mal Frage, was wir jetzt machen, geraten wir in einen Teufelskreis.

## Schlussdiskussion

Leitung Peter Greminger

Peter Greminger:

Die Aufgabe ist: Menschenleben und erhebliche Sachwerte zu schützen. Wir diskutieren den Beitrag des Waldes auf den Hochwasserabfluss, Rutschungen werden ausgeklammert. Das politisch Wünschbare ist von sachlichen Überlegungen zu trennen. Wir haben hier einen Prototyp, ihr seid das Testpublikum.

Was haltet ihr von der Methode?

Wie geht es weiter?

Ruedi Zuber:

Stellt ein Beispiel von einem 100-jährigen Ereignis vor (wird von ihm direkt weitergeleitet).

Arthur Sandri:

Felix Forster hat auf einem Standort eine Untersuchung gemacht und dort keinen Einfluss des Waldes gefunden.

Mit der vorliegenden Methode können verschiedene Standorte relativ zueinander beurteilt werden, der Einfluss des aktuellen Bestandes kann erfasst werden. Für den Abfluss ist die beitragende Fläche wichtig. Wo liegen unsere Standorte, die flexibel reagieren? Die Methode kann auch auf anderen Standorten angewendet werden.

Markus Gächter:

Vorgehen beim Erstellen einer Gefahrenkarte: Der Wald kann nur über den Abflusskoeffizienten erfasst werden. Der Abfluss ist abhängig von der Intensität des Regens und von der beitragenden Fläche (mit Entwässerungsgräben grösser als ohne). Die beitragende Fläche ist bei  $Q_{30}$  kleiner als bei  $Q_{100}$ . Der Sprung der beitragenden Fläche zwischen  $Q_{30}$  und  $Q_{100}$  ist je nach Waldstandort unterschiedlich.

Peter Greminger:

Gefahrenkarte: Ansatz: mit waldbaulichen Massnahmen das Potential des Bodens besser ausnützen.

Thomas Rageth:

Der Einfluss auf den Abflusskoeffizienten ist wichtig für den „Verkauf“ Waldpflege.

Kaspar Zürcher:

$Q_{max}$  ist interessant. Der Abflusskoeffizient  $\Psi$  ist in allen Formeln wichtig (wird multipliziert).

Beispiel von einem Gebiet mit schlechten, mässigen und guten Standorten. Im Vergleich zum unbewaldeten Gebiet wird  $\Psi$  mit einer gleichmässigen Aufforstung um 20 % verbessert, mit einem idealen Bestand um 40 %.

Die  $\Psi$ -Werte müssen konsolidiert werden, die Plausibilität muss verbessert werden.

Beat Annen:

Zwischenschritt: Wir zeigen auf, dass verschiedene Standorte einen unterschiedlichen Einfluss haben. Wir müssen die Unterschiede der Böden dokumentieren und Handlungsbedarf aufzeigen.

Peter Greminger:  
Was ist das Ziel der Arbeiten?

Felix Forster:

Es gibt verschiedene Arten von Abflusskoeffizienten:

Volumenabflusskoeffizient: wieviel vom gefallenem Niederschlag fließt ab?

Spitzenabflusskoeffizient  $\Psi$ : Niederschlagsintensität / Einzugsgebiet, übertragen auf Abflussintensität (Werte zwischen 0.05 und 0.45, wird direkt multipliziert)

Beurteilung des Einzugsgebietes: im Gelände wird das Gebiet in verschiedene hydrologisch ähnlich reagierende Gebiete unterteilt, mit Berücksichtigung des Bodens (Infiltration, Speichervermögen).

Im Kurs wurde eine Beurteilung am Punkt durchgeführt. Beim Übertragen auf die Fläche ist es wichtig, wo der Wald innerhalb des Einzugsgebietes steht. Z. B. nahe beim Gerinne fließt evtl. schon von oben Oberflächenwasser zu, dann ist der Einfluss des Waldes an dieser Stelle gering.

Beim Schritt vom Punkt zur Fläche gibt es zusätzliche Elemente zu beachten.

Brächt Wasser:

Bei der Kleinen Schliere konnten wir uns am Punkt ein Bild machen. Dort wurde der Topindex vorgestellt. Reale Standorttypen sind besser als der Topindex.

Standorttypen, Boden und Abfluss müssen miteinander verknüpft werden. Der Schritt Gerinnenähe fehlt im Moment noch. Für uns ist wichtig: welche Merkmale erkennen wir im Gelände, wo können wir etwas beeinflussen.

Peter Greminger:

Bei der Durchwurzelung müssen wir vorsichtig sein bei der Interpretation von ersten Ergebnissen. Wir müssen mehr Anhaltspunkte sammeln.

Brächt Wasser:

Regt zum Studium von Wurzeltellern an.

Peter Lüscher:

Es ist ein Nachholbedarf da, was anders sollen wir beurteilen.

Peter Greminger:

Die Durchwurzelung ist wichtig, die Methode ist da, aber wir sollten nicht schon wegen einer Messung entscheiden.

Philipp Mösch:

Zur Frage Punkt – Einzugsgebiet:

Am Punkt ist die Übereinstimmung  $\pm$  da. Kann vom Punkt direkt auf das Einzugsgebiet geschlossen werden?

Felix Forster:

Die Frage kann noch nicht beantwortet werden. Ideen für einen ersten Versuch ergeben sich aus der Diplomarbeit Martin Ammann (Differenzieren der Abflusskoeffizienten im Alptal)

Conradin Moor:

Wir wissen nicht gar nichts. Die Erfahrungen mit den Aufforstungen geben Grobannäherungen. Diese müssen verfeinert werden. Abflusskoeffizienten (gross,

mittel, klein) sollen den Pflanzengesellschaften zugeordnet werden. Eine Kartierung sollte nicht nötig sein.

Bei den Eingangsgrößen fehlt die Hangneigung. Mit Massnahmen ist die Baummischung langfristig beeinflussbar, das Baumalter kurzfristig.

Sind Entwässerungsgräben richtig oder falsch? Ist eine Forwarderspur schlimm oder nicht?

Brächt Wasser:

Vom Punkt zur Fläche kommen wir über Standorteinheiten. Pro Standorteinheit kann ein mittlerer Wert (Abflusskoeffizient) angegeben werden. Vom Standort 46 gibt es aber z. B. verschiedene Typen, z. T. mit verdichtetem Boden, z. T. mit Podsol. Je nah Typ muss der Wert angepasst werden.

Walter Schönenberger:

Der Bezug zum Standort ist da. Der Bezug zum Zustand des Bestandes geht über Baumarten und das Projekt Wurzelteller. Ziel ist es, über Krone und Baumart Rückschlüsse auf die Wurzelteller zu machen.

Francois Bossel:

Was können wir im Wald beeinflussen: Baumarten, Struktur, Nachhaltigkeit, Durchwurzelung. Wichtig ist eine leicht anwendbare Methode mit Standortkartierung. So sollten wir die Krise in der Waldwirtschaft überbrücken. Bei hohen Holzpreisen würden wir nicht hier stehen und diskutieren, sondern handeln.

Conradin Moor:

Ideal ist gut. Realistisch ist aber, dass wir keine groben Fehler machen.

Peter Greminger:

Der Wald steht am richtigen Ort, dank der Aufforstungen. Die Frage ist nun aber, ob wir die Aufforstungen pflegen müssen, um den Zustand nachhaltig zu haben.

Albert Böll:

Zwei Fragestellungen:

Waldwirkung generell quantifizieren – Differenzieren nach Standort.

Auch bei Rutschungskartierungen werden nicht überall Bodenuntersuchungen gemacht, sondern nur an repräsentativen Stellen. Dementsprechend können auch Standortkarten gemacht werden, evt. mit Bohrungen und Profilen in Zweifelsfällen. Der Rest ist Sache der Hydrologen.

Raphael Schwitter:

Wie geht es weiter? Gibt es einen Kurs für die Praxis?

Peter Lüscher:

Vor dem Kurs sollten wir die Diplomarbeit Ammann fertig haben, die Messungen überprüfen (siehe Projektskizze) und Überlappungen mit dem Alptal abklären.

Marco Delucchi:

Ergibt die Anwendung der Minimalpflege-Stabilitätsanforderungen automatisch das Richtige für den Hochwasserabfluss, oder sind zusätzliche Kriterien nötig?

Raphael Schwitter:

Ziel der Tagung war es, Erfahrungen zu sammeln. Besondere Anforderungen bezüglich Hochwasser sind denkbar, bei den Stabilitätsanforderungen sind aber nur Nuancen zu ändern.

Brächt Wasser:

In einigen Regionen muss die Hydrophobie berücksichtigt werden.

Willi Eyer:

Die Wegleitung ist nicht falsch. Waldbauliche Massnahmen nur aus Gründen des Hochwasserschutzes können nicht gerechtfertigt werden. Das Szenarium Wurf spielt keine Rolle.

Arthur Sandri:

Glaubt das nicht. Bei kurzen Starkniederschlägen ist es richtig, dass der Wald keine grosse Rolle spielt. Bei Ereignissen wie im Frühjahr 1999 spielt der Speicher eine entscheidene Rolle. Das schlechteste Szenarium ist nicht der Windwurf, sondern ein reiner Fichtenbestand. In standortfremden Fichtenbeständen haben wir ein grosses Potential. Wir sollten uns nicht auf 1 Szenarium beschränken.

Peter Greminger:

Wie geht es weiter? Hilft das vorhandene Material bei der Argumentation?

Philipp Mösch:

Hat Methode gelernt. Wie soll es weitergehen? Er will sofort etwas machen. Im Kanton Bern gibt es eine Arbeitsgruppe. Wie könnte im Gurnigel ein Schutzwaldpflegekonzept gestartet werden?

Brächt Wasser:

Es sind noch nicht alle Grundlagen da. Aber es müssen jetzt Entscheide gefällt werden.

Pro Einzugsgebiet gibt es im Gurnigel eine Zeichnung mit Schadenpotential, Ereignis, Standort. Mit einem groben Vergleich bestimmen, wo der Einfluss des Waldes am grössten ist. Für die Grenze ist ein politischer Entscheid nötig.

Conradin Moor:

Er war schockiert über den Artikel Forster über das Alptal. In der SZF und dem Wald+Holz sollte der Artikel aufgrund der heutigen Ergebnisse relativiert werden.

Ruedi Zuber:

Nach dem Abklären von Gefahren- und Schadenpotential können z. B. Massnahmentypen pro Standort festgelegt werden.

Der Fachjargon ist kompliziert für die Waldbesitzer, die Sprache sollte angepasst werden. Der Verkauf unserer Anliegen ist wichtig (auch Frédéric de Pourtalès).

Peter Greminger:

Weg: Verbessern, Umsetzen (Handlungsanleitung im Kleinformat), Artikel

Ernst Ott:

Das Ereignis 1987 zeigt uns, dass der Wald im Extremfall nicht wirkt. Wir wissen aber von Kahlschlägen in der USA, dass dort der Wasserabfluss zunahm. Wir können die Häufigkeit der Schäden beeinflussen. Die Haltung von Willi Eyer ist zu extrem.

Roland Métral:

Die Holzernte sollte nicht mehr Schaden, als der Eingriff nützt.

Albert Böll:

Der politische Einfluss ist wichtig. Holz hatte lange einen schlechtes Image als

Baustoff, jetzt ist das anders, es gibt gute Beispiele.

Die Ingenieure müssen informiert werden, dass ändert auch das Image des Waldes bei den Wasserbauern.

Sargans, 2. 10. 2000

Monika Frehner

## Auswertung der Methodenkritik an der Tagung

Im nachfolgenden Text sind die wesentlichen Erkenntnisse aus der Tagung zusammengestellt. Es wird dargestellt, in welchem Rahmen die Anleitung zu verwenden ist, und die wichtigsten an der Tagung geäußerten Kritikpunkte und Bemerkungen sind darin enthalten. Diese sollten bei einer Überarbeitung der Anleitung berücksichtigt werden.

### Grundsätzliches

- Die Anleitung stellt einen Versuch dar, die komplexen hydrologischen Vorgänge im Boden bei Niederschlags-Extremereignissen modellartig darzustellen. Mit ihrer Hilfe soll ein **Vergleich zwischen unterschiedlichen Bodenverhältnissen sowie eine Abschätzung des Einflusses des Waldes** ermöglicht werden. Sie ist im Hinblick auf die GWG-Tagung und mit dem Hintergrund der Bodenverhältnisse auf Flyschböden entstanden. Sie kann nicht ohne weiteres auf andere Gebiete übertragen werden.
- Die Anleitung ist nur gedacht für die **Beurteilung der Standortseigenschaften im Hinblick auf die Hochwassergefahr**. Wenn an einem Standort zusätzlich weitere Naturgefahren relevant sind, dann kann der ideale Waldbestand, welcher sämtlichen Naturgefahren gerecht werden muss, u.U. etwas anders aussehen. So müssen z.B. auf rutschgefährdeten Standorten u.U. andere Ziele gesetzt werden.
- Die Bewertung der Standorte alleine erlaubt noch **keine Beurteilung der Abflussspitzen in einem Einzugsgebiet**. Um die Wirkung des Waldes bzw. der Waldpflege quantifizieren zu können, ist die Verbindung zur Abflussmenge aber unerlässlich. Nach Meinung von Hydrologen müssten bei einer Beurteilung über ein ganzes Einzugsgebiet zudem die Faktoren **Hangneigung** und **Lage im Einzugsgebiet** stärker berücksichtigt werden. Teilweise ist die Hangneigung allerdings in der Ansprache des Standortstyps bereits berücksichtigt.
- Direkte **Rückschlüsse von einem Standortstyp auf die Bodenmerkmale** an einem bestimmten Punkt sind heikel, da innerhalb eines Standortstyps immer eine gewisse Bandbreite von Bodentypen und Merkmalsausprägungen vorkommt. Dennoch ist mit Hilfe guter Kenntnisse des möglichen Bodenspektrums innerhalb eines Standortstyps eine Aussage über die Fläche möglich.
- Die **Wahl des Profilstandorts** beeinflusst das Resultat u.U. stark. Einerseits können die Bodenmerkmale sehr kleinflächig variieren. Andererseits bestimmt die Nähe eines Profils zu Baumstrünken massgeblich die Resultate der Durchwurzelung. Die Profildaten werden in der Regel im Zwischenkronenbereich erhoben, um dieses Problem etwas einzuschränken.
- Die **Transpiration** des Bodenwassers durch die Pflanzenschicht wird bisher nicht explizit berücksichtigt. Diese kann jedoch je nach Ereignis-Szenario einen nicht unwesentlichen Einfluss haben: wenn das Ereignis z.B. zwei Wochen nach vorausgegangenen ergiebigen Regenfällen eintritt, ist auf gut durchwurzelten Standorten mit entsprechend hohen Transpirationsraten die verfügbare Speicherkapazität bereits wieder weitgehend auf dem Maximalstand; auf schlechter durchwurzelten Standorten jedoch noch nicht. Je näher jedoch ein Extremereignis auf ein vorheriges Niederschlagsereignis folgt, desto geringer ist dieser differenzierende Einfluss der Transpiration.

- Welche verschiedenen Fälle sollen verglichen werden, um den grundsätzlichen Spielraum für die Beeinflussung auf einem bestimmten Standort zu vergleichen? Insbesondere ist je nach Fragestellung oder Gebiet der schlechteste Fall (Pessimum) u.U. unterschiedlich definiert:
  1. **Optimum:** Waldbestand, welcher die Merkmale bestmöglichst beeinflusst
  2. **Aktueller Zustand**
  3. **Pessimum:** verschiedene Möglichkeiten:
    - "Urwald": natürliche Entwicklung ohne menschliches Eingreifen
    - Bestandeszusammenbruch (Windwurf oder Windbruch?)
    - unangemessene Nutzung (Bodenverdichtungen durch Befahren mit schweren Maschinen)
    - Beweidung der Fläche
    - ...weitere Möglichkeiten...

### **Einzelne Prozesse**

#### **Interzeption**

- Die **Interzeption der Moosschicht** muss stärker berücksichtigt werden.

#### **Infiltration**

- Die Bedeutung und Gewichtung der **Hydrophobie der Auflage** ist noch zu wenig klar.

#### **Durchlässigkeit**

- Die Durchwurzelung, welche eine der wesentlichsten Grössen ist, kann noch nicht befriedigend beurteilt und geschätzt werden. Das selbe gilt für die Makroporen. Die Resultate der Arbeit in den Gruppen waren oft besser als die Beurteilungen in der Musterlösung. Es sollte eine Methode geben, welche eine einfachere, zuverlässigere und besser vergleichbare Beurteilung der Durchwurzelung erlaubt. Diese ist vorläufig nicht in Sicht. Eine Annäherung ist jedoch über die Kenntnis zahlreicher Profile aus Typusaufnahmen (typische Ausprägungen von Waldstandorten) möglich. Schliesslich beeinflusst auch die Wahl des Profilstandorts die Durchwurzelung erheblich. Dieser Einfluss sollte ausgeschaltet oder zumindest reduziert werden können. Ein erster Ansatz dazu ist die Beurteilung der Stufigkeit des Bestandes (als indirekter Hinweis auf die "Stufigkeit" der Durchwurzelung). Zusätzlich sollte die Baumartenzusammensetzung in der selben Weise gewichtet werden (dazu bestehen jedoch noch wenige Literaturangaben).

#### **Speicherung**

- Ist es richtig, für Böden ohne Stauhorizont pauschal eine speicherfähige Bodentiefe von 150 cm anzunehmen? Oder müsste hier weiter differenziert werden?
- Der hohe Multiplikator 35 für Böden mit sehr hohem organischem Gehalt gilt nur für Anmoor-Horizonte, aber nicht für Torfböden.

#### **Schlussbemerkung**

Allgemein kann festgehalten werden, dass - trotz mehrheitlich guter Kritik und Rückmeldungen - noch ein weiterer Untersuchungs- und Forschungsbedarf besteht. Dies namentlich in den folgenden Bereichen:

- **Fragen im Zusammenhang mit der Durchwurzelung:** Unterschiede bezüglich Baumarten, Waldstandorte und Bodentypen sowie der Bestandesstruktur; Verteilung der Durchwurzelung im Waldboden in horizontaler und vertikaler Richtung.
- **Übertragung** der Erkenntnisse für einzelne Standortstypen **auf das Abflussgeschehen im ganzen Einzugsgebiet;** Ermittlung des Einflusses der Waldbewirtschaftung auf die Hochwasserabflussmenge  $Q_{max}$ .